

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR de**  
**ORIHUELA**



**Departamento de Producción Vegetal y**  
**Microbiología**

**Evolución del color externo e interno en diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf), y limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f).**

**TESIS DOCTORAL**

Autor: Fco. Javier Manera Bassa

DIRECTOR  
D. Ignacio Porras Castillo  
Dr. Ingeniero Agrónomo

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CULTIVOS LEÑOSOS  
IMIDA. (Murcia)

**Mayo 2004**



**Evolución del color externo e interno en diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf), y en diferentes variedades y clones en Limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f).**

MEMORIA QUE PRESENTA EL INGENIERO AGRÓNOMO  
D. Fco. JAVIER MANERA BASSA PARA OPTAR AL GRADO  
DE DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ  
DE ELCHE.

Fdo.

D. Fco. Javier Manera Bassa  
Ingeniero Agrónomo

Fdo: Director de Tesis.

D. Ignacio Porras Castillo  
Dr. Ingeniero Agrónomo  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CULTIVOS LEÑOSOS  
IMIDA. (Murcia)  
Profesor Asociado E.P.S.O. (U.M.H.)

Orihuela, mayo 2004

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL**

D. Ignacio Porras Castillo, Dr. Ingeniero Agrónomo, Profesor Asociado E.P.S.O. (U.M.H.). Jefe del Departamento de Cultivos Leñosos. IMIDA. (Murcia)

### **CERTIFICA:**

Que la Tesis Doctoral que lleva por título “Evolución del color externo e interno en diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf), y en diferentes variedades y clones en Limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f),” de la que es autor el Ingeniero Agrónomo D. Fco. Javier Manera Bassa, ha sido realizada íntegramente bajo mi dirección en el Departamento de Producción Vegetal y Microbiología de la E.P.S.O. (Universidad Miguel Hernández de Elche), durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 1999-2004.

Considerando que se trata de un trabajo original de investigación que reúne todos los requisitos establecidos en el R.D. 778/1998, de 30 de abril (B.O.E. de 1 de Mayo de 1998), autorizo su presentación.

Y para que conste a todos los efectos, expido el presente certificado en Orihuela a veintiocho de mayo de 2004.

Fdo.: D. Ignacio Porras Castillo

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta Tesis Doctoral, desarrollada entre 1999 y 2004, se ha realizado en el Departamento de Producción Vegetal y Microbiología de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Universidad Miguel Hernández de Elche), bajo la dirección de D. Ignacio Porrás Castillo, profesor asociado de este Departamento y Jefe del Departamento de Cultivos Leñosos de IMIDA (Murcia).

Al director de este trabajo Ignacio Porrás Castillo, mi más sincero agradecimiento por su inestimable ayuda, consejos y comentarios expertos y desinteresados, que han hecho posible el planeamiento, desarrollo y culminación de esta Tesis.

Igualmente, deseo expresar mi gratitud a todos los miembros del Departamento de Producción Vegetal y Microbiología a si como a los compañeros del Departamento Física y Arquitectura de Computadores por su ayuda desinteresada, consejos y apoyo técnico.

Agradezco también, a los miembros del equipo de Citricultura del IMIDA su valiosísima colaboración, que ha hecho posible la realización de esta Tesis.

A mi esposa e hijos por su mucha paciencia y constante apoyo durante el tiempo de realización de este trabajo.

Por último, manifestar mi agradecimiento a todos aquellos compañeros, y amigos por su inestimable apoyo y continuo estímulo.

Gracias a todos los que me ha ayudado y deseado este momento.

## RESUMEN

El pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) es la tercera especie de cítricos más cultivada a nivel mundial con una producción mundial próxima a los 5 millones de toneladas.

El limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f) es la cuarta especie de cítricos de importancia en el mundo, con una producción total de más de 4.400.000 t. siendo España el principal país productor en la Cuenca Mediterránea y el primero del mundo en exportación de fruto fresco.

El objetivo de esta Tesis es conocer la evolución del color y de los diversos índices colorimétricos, en el espacio de color HunterLab, tanto externos como internos, en el fruto de pomelo (*Citrus paradisi*), de las variedades Marsh, Redblush, Shambar, Ray Ruby, Star Ruby, Río Red y Henderson, y también en el limonero, en sus variedades Eureka Frost y Lisbon Frost y en los clones de la variedad Fino, Fino 46, 47, 48, 49 y 77.

También se estudia la influencia de la temperatura en la coloración tanto externa como interna en el fruto, en el momento de su maduración, en las variedades mencionadas de pomelo y en las variedades y clones de limonero estudiado.

El estudio se ha realizado en pomelo, sobre el patrón mandarino Cleopatra, y en limonero sobre los patrones *Citrus macrophylla* Wester y naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.).

Los resultados obtenidos en el pomelo muestran, que la evolución de los índices **a/b** e **Ic** es creciente en la corteza del fruto, a lo largo de los muestreos llevados a cabo en noviembre, enero y marzo, en todas las variedades y clones; por otro lado en su interior apenas varía en dichos meses en la mayoría de las variedades. Hay una alta correlación entre los índices **a/b** e **Ic**, y el color visual tanto exterior como interiormente. Cuando los años son más cálidos, los frutos tienen la corteza más verdosa mientras que interiormente presentan una, mayor coloración.

En los frutos del limonero la evolución de los índices **a/b** e **Ic** es creciente, en la corteza del limón, a lo largo de los muestreos tomados de septiembre a diciembre, en todas las variedades y clones, mientras que prácticamente no varían en su interior. Hay una correlación alta, significativa entre la temperatura media y el índice colorimétrico en el exterior del limón y algo menor su interior.

## ABSTRACT

Grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) is the third most cultivated species of citric fruit in the world, with a global production of 5 million tons.

The lemon tree (*Citrus limon* (L.) Burm. f) ranks fourth in the world, with a total production of 4.4 million tons. Spain is the main producer in the Mediterranean Basin and ranks first in the world as an exporter of fresh fruit.

The main objective of this Thesis is to discover the evolution of both the internal and external part of the fruit (**grapefruit and lemon**), and the different colorimetric indexes within the colour space HunterLab. The varieties of grapefruit (*Citrus paradisi*) analyzed are: Marsh, Redblush, Shambar, Ray Ruby, Star Ruby, Río Red y Henderson. The varieties of lemons are: Eureka Frost y Lisbon Frost and, in addition, the clones of the varieties Fino, Fino 46, 47, 48, 49 y 77.

The influence of the temperature on the internal and external colour of the fruit was studied during the ripening process on the above-mentioned varieties of grapefruit and on the varieties and clones of the lemon.

The study has been carried out on the Grapefruit, using the stock Cleopatra tangerine and on the lemons, using the stock *Citrus macrophylla* Wester and **sour orange** (*Citrus aurantium* L.).

The results obtained for the grapefruit showed that the evolution of the indexes **a/b** and **Ic** increased on the rind of the fruit, according to the samples taken in the months of November, January and March on all the varieties and clones. On the other hand, the pulp of the fruit showed little colour variation in the majority of the varieties. There is a high correlation between the **a/b** e **Ic** indexes and the visual colour of both the internal and external part of the fruit. During warmer years, the fruit tends to have a greenish rind, while its pulp shows a stronger coloration.

The evolution of the indexes **a/b** and **Ic** in the lemons increased on the rind during the samples taken from September to December in all varieties and clones, while there was practically no variation in the pulp of the fruit. There was a high and significant correlation between the average temperature and the colorimetric index on the fruit rind, and somewhat less in the pulp.





# ÍNDICE GENERAL

*Mh Miguel  
Hernández*



|   |        |
|---|--------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.</b>   | Página |
| <b>1.1.- ASPECTOS ECONOMICOS Y BOTÁNICOS.</b>                         | 2      |
| <b>1.1.1.- Aspectos generales del pomelo.</b>                         | 2      |
| <b>1.1.2.- Aspectos generales del limonero.</b>                       | 4      |
| <b>1.1.3.- Botánica de los cítricos.</b>                              | 10     |
| <b>1.2.-FISICA DEL COLOR.</b>   | 11     |
| <b>1.2.1.- Introducción.</b>  | 11     |
| <b>1.2.2.- La luz y su medida.</b>                                    | 12     |
| <b>1.2.3.- Fuentes de luz normalizadas.</b>                           | 14     |
| <b>1.2.4.- Detectores de energía radiante.</b>                        | 16     |
| <b>1.2.5.- Medida de la luz.</b>                                      | 17     |
| <b>1.2.6.- Eficacia luminosa de una radiación monocromática.</b>      | 18     |
| <b>1.2.7.- Observadores Fotométricos.</b>                             | 19     |
| <b>1.2.8.- Medida de la absorción de la luz.</b>                      | 19     |
| <b>1.2.9.- El color y su medida.</b>                                  | 21     |
| <b>1.2.9.1.- Especificación del color percibido.</b>                  | 22     |
| <b>1.2.9.2.- Especificación del color psicofísico.</b>                | 23     |
| <b>1.2.9.3.- Coordenadas de cromaticidad.</b>                         | 25     |
| <b>1.2.9.4.- Medida normalizada del color.</b>                        | 27     |
| <b>1.2.9.5.- Espacios de color.</b>                                   | 28     |
| <b>1.2.9.6.- Sistema Munsell.</b>                                     | 29     |
| <b>1.2.9.7.- El espacio de color Normalizado. CIE.</b>                | 31     |
| <b>1.2.9.8.- Espacio de color Y x y.</b>                              | 37     |
| <b>1.2.9.9.- Espacio de color Hunter Lab.</b>                         | 38     |
| <b>1.3.- ESPECIES ESTUDIADAS</b>                                      | 41     |
| <b>1.3.1.- Pomelo.</b>  | 41     |
| <b>1.3.1.1.- Principales grupos de variedades.</b>                    | 41     |
| 1.3.1.1.1.- "Duncan".   | 41     |
| 1.3.1.1.2.- Grupo del pomelo "Marsh" y otros relacionados con él.     | 41     |
| 1.3.1.1.3.- Grupo del pomelo "Walters" y algunos relacionados con él. | 41     |
| 1.3.1.1.4.- Otros pomelos e híbridos de pomelo de interés.            | 42     |
| <b>1.3.1.2.- Variedades estudiadas.</b>                               | 42     |
| 1.3.1.2.1.- "Marsh" ("Marsh seedless").                               | 42     |

|  | Página    |
|--|-----------|
| 1.3.1.2.2.- "Redblush".  | 43        |
| 1.3.1.2.3.- "Shambar".   | 43        |
| 1.3.1.2.4.- "Río Red".   | 43        |
| 1.3.1.2.5.- "Ray Ruby".  | 44        |
| 1.3.1.2.6.- "Henderson".   | 44        |
| 1.3.1.2.7.- "Star Ruby".   | 44        |
| <b>1.3.2.- Variedades de limonero.</b>   | <b>45</b> |
| <b>1.3.2.1.- Variedades de limonero en el mundo.</b>                                       | <b>45</b> |
| <b>1.3.2.2.- Descripción de las principales variedades.</b>                                | <b>45</b> |
| 1.3.2.2.1.- "Eureka".  | 45        |
| 1.3.2.2.2.- "Lisbon".  | 46        |
| 1.3.2.2.3.- "Fino".  | 47        |
| <b>1.4.- PATRONES DE POMELO Y LIMONERO</b>   | <b>48</b> |
| <b>1.4. 1.- Interacción injerto/patrón.</b>  | <b>48</b> |
| <b>1.4.2.- Patrones más utilizados en el mundo.</b>  | <b>49</b> |
| <b>1.4.3.- Influencia del patrón sobre la variedad injertada.</b>                          | <b>50</b> |
| 1.4.3.1.- Vigor  | 51        |
| 1.4.3.2.- Productividad  | 51        |
| 1.4.3.3.- Calidad de fruta   | 51        |
| <b>1.4.4.- Características de los portainjertos usados para pomelo y limonero.</b>         | <b>52</b> |
| 1.4.4.1.- Naranja amargo.  | 52        |
| 1.4.4.2.- <i>Citrus macrophylla</i> .  | 53        |
| 1.4.4.3.- Mandarino Cleopatra.   | 53        |
| <b>1.5.- LA COLORACION EN LOS FRUTOS DE LOS CITRICOS.</b>                                  | <b>54</b> |
| <b>1.5.1.- Introducción.</b>   | <b>54</b> |
| <b>1.5.2.- Los carotenoides como responsables del color de los frutos en los cítricos.</b> | <b>55</b> |
| <b>1.5.3.- Variación del color en los frutos durante su desarrollo y maduración.</b>       | <b>56</b> |
| <b>1.5.4.- Evolución del color en diferentes especies.</b>                                 | <b>59</b> |
| 1.5.4.1.- En variedades de pomelo  | 59        |

|   | Página |
|---|--------|
| 1.5.4.2.- En variedades de limonero.  | 59     |
| 1.5.5.- Factores que influyen en la intensidad de coloración de los frutos  | 60     |
| 1.5.5.1.- Influencia de la especie y de la variedad.  | 60     |
| 1.5.5.2.- Influencia de la temperatura.   | 61     |
| 1.5.5.3.- Influencia de la posición del fruto en el árbol.  | 63     |
| 1.5.5.4.- Influencia de la fertilización.   | 64     |
| 1.5.5.5.- Influencia del portainjerto.  | 65     |
| 1.5.5.6.- Influencia de la luz.   | 67     |
| 1.5.5.7.- Influencia del riego.   | 67     |
| 2.- OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO   | 69     |
| 2.1.- OBJETIVOS   | 70     |
| 2.2.- PLAN DE TRABAJO   | 71     |
| 3.- MATERIAL Y METODOS.   | 73     |
| 3.1. MATERIAL VEGETAL   | 74     |
| 3.1.1.- Pomelo.   | 74     |
| 3.1.2.- Limonero.   | 74     |
| 3.1.3.- Parcelas experimentales.  | 74     |
| 3.1.3.1.- Pomelo.   | 74     |
| 3.1.3.2.- Limonero.   | 75     |
| 3.2.- MÉTODOS   | 75     |
| 3.2.1.- Medida del color externo e interno en pomelo.   | 75     |
| 3.2.2.- Medida del color externo e interno en limón.  | 77     |
| 3.2.3.- Influencia de la temperatura sobre los distintos parámetros e Índices del color en pomelo y limón.              | 79     |
| 3.2.3.1.- Influencia de la temperatura sobre los distintos Índices de color externo e interno en el pomelo.             | 79     |
| 3.2.3.2.- Influencia de la temperatura sobre los distintos parámetros externos e internos del color en frutos de limón. | 80     |
| 3.3.- ANALISIS DE RESULTADOS  | 80     |
| 4.- RESULTADOS  | 81     |
| 4.1.- COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES POMELO                                  | 82     |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>4.1.1.- Evolución del color externo del fruto,</b>  | 82     |
| <b>4.1.1.1- Parámetro L.</b>   | 82     |
| <b>4.1.1.2.- Parámetro a.</b>  | 84     |
| <b>4.1.1.3.- Parámetro b.</b>  | 86     |
| <b>4.1.1.4.- Índice a/b.</b>   | 88     |
| <b>4.1.1.5.- Índice Ic.</b>  | 90     |
| <b>4.1.1.6.- Chroma C.</b>   | 92     |
| <b>4.1.1.7.- Índice H.</b>   | 94     |
| <b>4.1.1.8.- Índice S.</b>   | 96     |
| <b>4.1.1.9.- Índice Q.</b>   | 97     |
| <b>4.1.1.10.- Apreciación visual.</b>  | 99     |
| <b>4.1.2.- Regresiones lineales en el color externo de los diferentes Índices.<br/>colorimétricos con la apreciación visual, en diferentes meses y años.</b> | 101    |
| <b>4.1.2.1.- Regresión lineal de a/b con apreciación visual.</b>   | 101    |
| <b>4.1.2.2.- Regresión lineal de Ic con apreciación visual.</b>  | 103    |
| <b>4.1.2.3.- Regresión lineal de Q con apreciación visual.</b>   | 104    |
| <b>4.1.2.4.- Regresión lineal de C, S y H con apreciación. visual</b>  | 105    |
| <b>4.2.- COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR INTERNO<br/>DE LAS DISTINTAS VARIEDADES POMELO.</b>   | 106    |
| <b>4.2.1.- Evolución del color interno del fruto.</b>  | 106    |
| <b>4.2.1.1.- Parámetro L.</b>  | 106    |
| <b>4.2.1.2.- Parámetro a.</b>  | 108    |
| <b>4.2.1.3.- Parámetro b.</b>  | 109    |
| <b>4.2.1.4.- Índice a/b.</b>   | 111    |
| <b>4.2.1.5.- Índice Ic.</b>  | 113    |
| <b>4.2.1.6.- Índice C.</b>   | 115    |
| <b>4.2.1.7.- Índice H.</b>   | 117    |
| <b>4.2 1.8.- Índice S.</b>   | 119    |
| <b>4.2.1.9.- Índice Q.</b>   | 121    |
| <b>4.2.1.10.- Apreciación visual.</b>  | 122    |
| <b>4.2.2.- Rectas de regresión en el color interno de los diferentes Índices<br/>colorimétricos con la apreciación visual, en diferentes meses y años.</b>   | 124    |

|   | Página     |
|---|------------|
| 4.2.2.1.- Regresión lineal de a/b con apreciación visual.   | 124        |
| 4.2.2.2.- Regresión lineal de Ic con apreciación visual.  | 126        |
| 4.2.2.3.- Regresión lineal de Q con apreciación visual.   | 127        |
| 4.2.2.4.- Regresión lineal de C, S y H con apreciación visual.  | 128        |
| <b>4.3.- EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LAS DISTINTAS<br/>VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO</b>                         | <b>129</b> |
| 4.3.1.- Evolución del color externo de las variedades y clones del limón<br>injertadas sobre naranjo amargo.          | 129        |
| 4.3.1.1.- Parámetro L.  | 129        |
| 4.3.1.2.- Parámetro a.  | 131        |
| 4.3.1.3.- Parámetro b.  | 132        |
| 4.3.1.4.- Índice a/b.   | 134        |
| 4.3.1.5.- Índice Ic.  | 135        |
| 4.3.1.6.- Índice C.   | 137        |
| 4.3.1.7.- Índice H.   | 138        |
| 4.3.1.8.- Índice S.   | 140        |
| 4.3.1.9.- Índice Q.   | 141        |
| 4.3.2. Evolución del color externo de las variedades y clones de<br>limonero sobre patrón <i>Citrus macrophylla</i> . | 143        |
| 4.3.2.1.- Parámetro L.  | 143        |
| 4.3.2.2.- Parámetro a.  | 145        |
| 4.3.2.3.- Parámetro b.  | 147        |
| 4.3.2.4.- Índices a/b.  | 148        |
| 4.3.2.5.- Índices Ic.   | 150        |
| 4.3.2.6.- Índices C.  | 151        |
| 4.3.2.7.- Índices H.  | 153        |
| 4.3.2.8.- Índices S.  | 154        |
| 4.3.2.9.- Índices Q.  | 156        |
| <b>4.4.- EVOLUCIÓN DEL COLOR INTERNO DE LAS DISTINTAS<br/>VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO</b>                         | <b>157</b> |
| 4.4.1.- Evolución del color interno de las variedades y clones de limón<br>injertadas sobre naranjo amargo.           | 157        |

|  | Página     |
|--|------------|
| 4.4.1.1.- Parámetro L.   | 158        |
| 4.4.1.2.- Parámetro a.   | 159        |
| 4.4.1.3.- Parámetro b.   | 161        |
| 4.4.1.4.- Índice a/b.  | 162        |
| 4.4.1.5.- Índice Ic.   | 164        |
| 4.4.1.6.- Índice C.  | 165        |
| 4.4.1.7.- Índice H.  | 167        |
| 4.4.1.8.- Índice S.  | 168        |
| 4.4.1.9.- Índice Q.  | 170        |
| 4.4.2.- Evolución del color interno de las variedades y clones de limonero sobre patrón <i>Citrus macrophylla</i> .                  | 171        |
| 4.4.2 1.- Parámetro L.   | 171        |
| 4.4.2 2.- Parámetro a.   | 173        |
| 4.4.2 3.- Parámetro b.   | 175        |
| 4.4.2 4.- Índice a/b.  | 176        |
| 4.4.2 5.- Índice Ic.   | 178        |
| 4.4.2 6.- Índice C.  | 179        |
| 4.4.2 7.- Índice H.  | 181        |
| 4.4.2 8.- Índice S.  | 182        |
| 4.4.2 9.- Índice Q.  | 184        |
| <b>4.5.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS PARAMETROS E ÍNDICES DE COLOR EXTERNO E INTERNO EN DIFERENTES VARIEDADES DE POMELO.</b> | <b>185</b> |
| 4.5.1.-Parámetros externos   | 186        |
| 4.5.1.1.- Parámetro L externo.   | 186        |
| 4.5.1.2.- Parámetro a externo.   | 189        |
| 4.5.1.3.- Parámetro b externo.   | 192        |
| 4.5.2.- Parámetros internos  | 196        |
| 4.5.2.1.- Parámetro L interno.   | 196        |
| 4.5.2.2.- Parámetro a interno.   | 198        |
| 4.5.2.3.- Parámetro b interno.   | 201        |
| 4.5.3.- Índice de color Ic externo   | 204        |



|   | Página |
|---|--------|
| 4.5.4.- Índice de color Ic interno.   | 209    |
| <b>4.6.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS DISTINTOS PARÁMETROS DEL COLOR EXTERNO E INTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO.</b> | 214    |
| 4.6.1.- Influencia de la temperatura en la evolución del color externo de las variedades y clones de limón injertados sobre naranjo amargo.         | 214    |
| 4.6.1.1.- Parámetro L.  | 214    |
| 4.6.1.2.- Parámetro a.  | 219    |
| 4.6.1.3.- Parámetro b.  | 222    |
| 4.6.1.4.- Índice Ic.  | 225    |
| 4.6.2.- Influencia de la Temperatura en la evolución del color interno de las variedades y clones de limón injertados sobre naranjo amargo.         | 229    |
| 4.6.2.1.- Parámetro L.  | 229    |
| 4.6.2.2.- Parámetro a.  | 232    |
| 4.6.2.3.- Parámetro b.  | 235    |
| 4.6.2.4.- Índice Ic.  | 238    |
| <b>5.- DISCUSION</b>  | 243    |
| 5.1.- Pomelo.   | 244    |
| 5.1.1.- Evolución del color externo.  | 244    |
| 5.1.2.- Evolución del color interno.  | 248    |
| 5.2.- Limón.  | 252    |
| 5.2.1.- Evolución del color externo.  | 254    |
| 5.2.1.2.- Evolución del color externo de las variedades y clones de limonero sobre patrón <i>Citrus macrophylla</i> .                               | 254    |
| 5.2.2.- Evolución del color interno.  | 254    |
| 5.2.2.1.- Evolución del color interno de las variedades y clones de limonero sobre patrón naranjo amargo  | 254    |
| <b>5.3.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA EVOLUCION DEL COLOR</b>   | 256    |
| 5.3.1.- Influencia de la temperatura en el color del pomelo.  | 256    |
| 5.3.1.1- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro L.  | 256    |
| 5.3.1.2- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro a.  | 257    |

|   | Página |
|---|--------|
| 5.3.1.3- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro b.        | 258    |
| 5.3.1.4- Influencia de la temperatura en la evolución del índice de color Ic. | 259    |
| 5.3.2.- Influencia de la temperatura en el color del limonero.                | 260    |
| 5.3.2.1- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro L.        | 260    |
| 5.3.2.2- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro a.        | 261    |
| 5.3.2.3- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro b.        | 262    |
| 5.3.2.4- Influencia de la temperatura en la evolución del índice de color Ic. | 262    |
| 6.- CONCLUSIONES  | 264    |
| 7.- BIBLIOGRAFIA  | 269    |
| ÍNDICE DE TABLAS  | 288    |
| ÍNDICE DE FIGURAS   | 297    |
| ANEJOS  | 309    |



# 1.-INTRODUCCIÓN

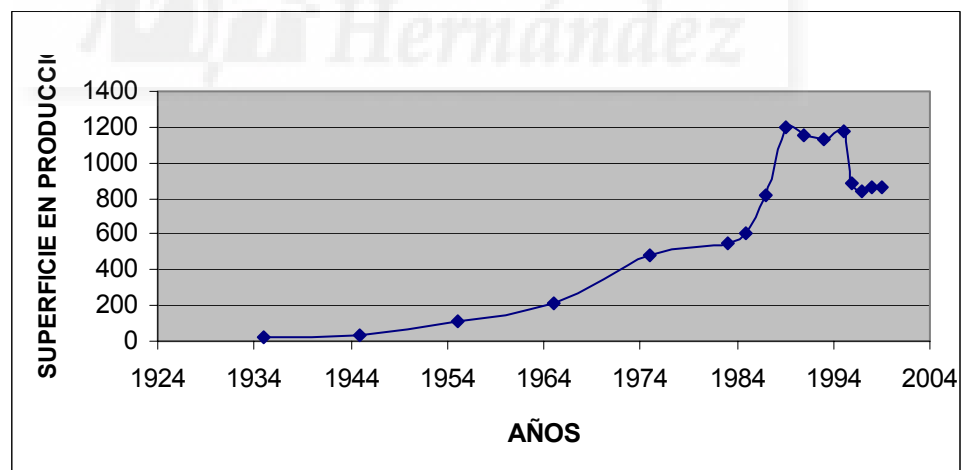


## 1.1.- ASPECTOS ECONOMICOS Y BOTÁNICOS

### 1.1.1.- Aspectos generales del pomelo

El cultivo del pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en España es relativamente poco importante en comparación con el de otros cítricos. Su superficie ha pasado de menos de 500 ha en 1980 a 1300 ha en 1995, donde alcanzó su máximo y actualmente ha disminuido la superficie de cultivo (MAPA 2001). La producción de la campaña 2002-2003, fue de 37.000 t (Anónimo 2003), mientras que el aforo para la presente campaña de 2003-2004, es de 28.000 t (Anónimo 2003a y b), siendo las variedades Star Ruby y Río Red las más importantes. En la Figura 1 se observa la evolución de la superficie de producción dicha especie en España, y en la Figura 2 la producción de este cítrico a lo largo de los años, que está estabilizada en torno a las 25.000 y 30.000 t.

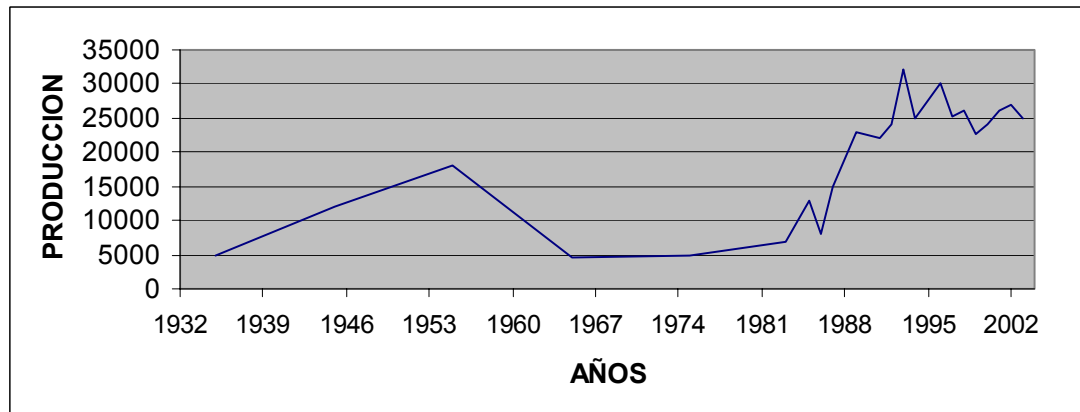
**Figura 1.1.:** Evolución de la superficie de pomelo en producción a lo largo de los años en España.



El pomelo, dentro de las previsiones de la FAO para la década de los 90 (Fortucci, 1988), era la única especie de cítricos a escala mundial que iba a presentar déficit de producción. En la CEE se estimó un déficit de 500.000 t., que se suplirían con las importaciones de Estados Unidos e Israel. Estados Unidos es el mayor

productor de pomelos del mundo con una producción en la campaña 2001-2002 2.201.740 t, algo más del 50% de la producción mundial, seguido por China con t, Sudáfrica con 280.000 t, Cuba con 275.937 t, México con 269.069 t, Israel con 255.000 t, Argentina con 170.000 t, y Turquía con 140.000 t (FAO, 2003).

**Figura 1.2.:** Evolución de la producción de pomelo a lo largo de los años.



Aunque el potencial de cultivo en España es elevado, las limitaciones de suelo y clima para obtener producciones de calidad han limitado su desarrollo a las zonas más cálidas de Murcia, Alicante, Almería y Málaga. No son competidores dentro de la CEE ni Grecia ni Italia, en este último país la evolución ha sido muy lenta, debido tal vez a la poca calidad que se obtiene (Calabrese y Raimondo, 1979; Tribulato y La Rosa, 1983). En la actualidad los grandes productores de la zona mediterránea son Israel y Turquía (Anónimo, 2003 b).

En la década de los 80, en el mercado europeo del pomelo se produjo una evolución en el gusto de los consumidores hacia las variedades de pulpa roja. En Francia hay una clara segmentación del mercado (La Rosa, 1988). El color se asocia a una mejor calidad (Rozenbaum, 1988). Esta demanda creciente de las variedades de pulpa roja se aprecia tanto en los mercados europeos como en el norteamericano (Anónimo, 1988; Reuther, 1988).

Los estudios de maduración del pomelo en España han sido bastantes escasos, alguno referido a la variedad Marsh (Banet, 1978), y a otras variedades de pomelo (Porras *et al.* 1988), aunque últimamente habría que citar a Porras (1993), Conesa

(1999) y Martínez Valero (2001). Son más abundantes los datos aunque algo antiguos, referentes a otros países (Rygg and Getty, 1954; Deszyck and Ting, 1956; Hodgson, 1967; Calabrese y Raimondo, 1979; Tribulato y La Rosa, 1983). Actualmente no hay apenas nuevos trabajos sobre esta especie.

La tendencia mundial del mercado y por tanto de las nuevas plantaciones en USA es hacia las variedades de pulpa roja, tales como Star Ruby, Río Red, Ray Ruby, Henderson y Flame (Prewett, 1987; Fairchild, 1988, Prewitt y Whitlock, 1989. En Texas un 70% de las nuevas plantaciones son con Río Red.

En junio de 1986 se entregaron las primeras yemas saneadas de Star Ruby, obtenidas por la Estación Nacional de Cuarentena situada en el IVIA de Moncada (Valencia), a los Viveros Autorizados de Agrios para su multiplicación y distribución. En la primavera de 1988 se realizaron las primeras plantaciones comerciales con material saneado procedente de los viveros.

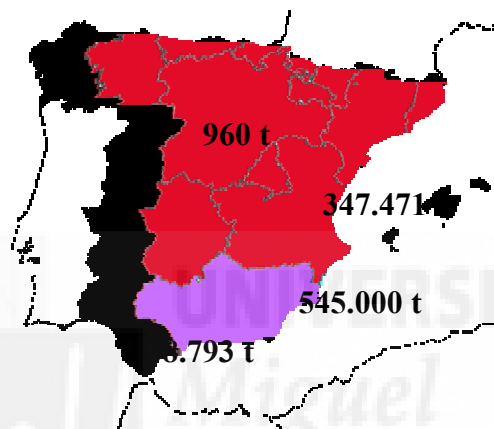
En 1989, se distribuyeron las primeras yemas saneadas de las variedades Río Red y Henderson y en 1990 de Ray Ruby y en la primavera de 1991 se realizaron las primeras plantaciones comerciales de Río Red, siendo de Star Ruby la más plantada actualmente seguida de Río Red (Porras *et al.*, 2001b)

### **1.1.2.- Aspectos generales del limonero**

Las áreas más importantes de producción y distribución de cítricos comerciales se limitan principalmente a las regiones subtropicales semiáridas y áridas con temperaturas mínimas superiores a -4 °C. Los limoneros son más sensibles a las temperaturas bajas que otras especies de cítricos comerciales, con la excepción de las limas y no se adaptan bien a regiones tropicales o subtropicales húmedas debido a la sensibilidad a las enfermedades fúngicas. Los principales países productores en la región mediterránea son Israel, seguidos de España, Italia, Turquía y Grecia. En la zona norte del continente americano son EE.UU, y en la zona sur, Argentina y Uruguay China, Sudáfrica y Australia son países que tienen una mayor proyección futura.

El cultivo de los cítricos en España, se realiza principalmente en las zonas costeras del Este y del Sur de la península y se localiza sobre todo en lugares próximos al litoral y en los valles de los ríos. Fuera de estas zonas y con algunas excepciones, el cultivo está limitado por el riesgo de heladas.

El limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f) es la cuarta especie de cítricos de importancia en el mundo después del naranjo y del mandarino, con una producción total de más de 4.400.000 t en la campaña 2000/2001, destacando Argentina con 1.180.000 t, España con 961.000 t, Estados Unidos 907.000 t, Italia 537.000 t, Turquía 500.000 t, Grecia con 145.000 t y Sudáfrica con 106.000 t (FAO, 2003).



España es actualmente el principal país productor de limones de la Cuenca Mediterránea con una producción en la campaña 2001-02 de 1.017.800 t superando a Italia (571.400 t) y a Turquía (590.000 t). Es también el principal país exportador de fruto fresco del mundo. Por regiones, el aforo para la campaña 2003-04 es: Región de Murcia 545.000 t, Comunidad Valenciana 347.471 t, Andalucía 158.973 t y otras regiones 960 t (Anónimo, 2003a y b).

Las variedades autóctonas Fino y Verna representan más del 95% del total de la superficie de cultivo en España (Porras *et al.*, 2001b). La superficie de cultivo y producción de limón Fino va en aumento (Tabla 1.1), debido principalmente a las buenas cotizaciones que ha tenido en los últimos años el limón temprano (septiembre-octubre-noviembre) así como a su gran productividad, lo que ha inducido a los agricultores a realizar plantaciones de las nuevas selecciones que permiten recolecciones más tempranas y productivas (García Lidón *et al.*, 2003).

En la variedad Verna se ha producido una disminución de la producción debido al envejecimiento de los árboles (Tabla 1.2), ya que no se han realizado apenas plantaciones en la últimas décadas, no obstante, se observa un incremento en los últimos años de las plantaciones de esta variedad (Porrás *et al.*, 2000b)

Las viejas plantaciones de limonero en España se realizaron con las variedades población y a partir de los años 80 se empezaron a multiplicar y plantar los nuevos clones libres de virus, de los que se estima que hay más de 10.000 ha de superficie cultivada (García Lidón *et al.*, 2003).

En las últimas campañas se ha producido un aumento de la superficie dedicada al cultivo del limonero, pasando de las 41.864 ha en la campaña 1996-97 a las 46.540 ha de la campaña 2001-2002 (Tabla 1.1). En los últimos cinco años los mayores incrementos se han producido en limón Fino, con algo más de 7.000 ha, mientras que la variedad Verna ha disminuido en unas 2.500 ha, correspondiendo gran parte de esta superficie al arranque o abandono de plantaciones antiguas y marginales (García Lidón, 2003).

En la actualidad la producción de limón en España se distribuye en aproximadamente un 60 % para limón Fino y un 40 % para Verna. Es de destacar un notable incremento en Fino que ha pasado de 374.435 t en la campaña 1996/97 a las 585.000 t de la presente, con un incremento del 56 % en relación a la producción de hace 5 años (Tabla 1.2), en gran parte debido a la entrada en producción de las nuevas plantaciones de Fino/*C. macrophylla*. Por otra parte se observa una estabilización de la producción del Verna en torno a 400.000 t.

Del total de la producción de Fino las plantaciones tradicionales representan actualmente el 55 %, correspondiendo el 45 % restante a las nuevas selecciones.

En cuanto al Verna, el 97% de la producción corresponde a cultivares antiguos y tradicionales, mientras que las nuevas selecciones de Verna 50, Verna 51 y Verna 62 (Porrás *et al.*, 2000b y 2001b), todavía han sido poco plantadas y gran parte de las nuevas plantaciones realizadas no han entrado en producción.

En el horizonte del 2006-07, se prevén notables incrementos en la producción de limón Fino que llegarán posiblemente a 700.000 t, mientras que en Verna habrá una ligera bajada de la producción. La previsión de la producción a cinco años vista,



con la hipótesis de que no se realizasen nuevas plantaciones, es de más de 1.000.000 t (Tabla 1.3) (García Lidón *et al.*, 2003).



**Tabla 1.1.:** Evolución de la superficie en producción de limón en España (ha)

|              | <b>1996/97</b> | <b>1997/98</b> | <b>1998/99</b> | <b>1999/2000</b> | <b>2000/2001</b> | <b>2001/2002</b> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Fino</b>  | 18.121         | 17.089         | 19.724         | 21.022           | 23.450           | 25.540           |
| <b>Verna</b> | 23.743         | 24.462         | 23.473         | 22.633           | 21.800           | 21.000           |
| <b>TOTAL</b> | 41.864         | 41.551         | 43.197         | 43.655           | 45.250           | 46.540           |

**Tabla 1.2.:** Evolución de la producción de limón en España (Tm)

|              | <b>1996/97</b> | <b>1997/98</b> | <b>1998/99</b> | <b>1999/2000</b> | <b>2000/2001</b> | <b>2001/2002</b> |
|--------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Fino</b>  | 374.435        | 476.580        | 441.200        | 505.728          | 532.441          | 585.000          |
| <b>Verna</b> | 338.765        | 426.220        | 436.795        | 390.036          | 403.026          | 385.000          |
| <b>TOTAL</b> | 713.200        | 902.800        | 877.995        | 895.764          | 935.467          | 970.000          |

**Tabla 1.3.:** Producción (en t) actual y horizonte 2005-06 de limonero Fino y Verna (con entrada en producción de las nuevas plantaciones y con la hipótesis de que no se realicen nuevas) (García Lidón, 2003).

|                           | Previsión 2001-2002 | Horizonte 2005-2006 | Variación        |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <u>Fino</u>               |                     |                     |                  |
| Fino Tradicional          | 320.000             | 250.000             | - 70.000         |
| Fino 49                   | 250.000             | 400.000             | + 150.000        |
| Fino 95                   | 15.000              | 45.000              | + 30.000         |
| <b>TOTAL Fino</b>         | <b>585.000</b>      | <b>695.000</b>      | <b>+ 110.000</b> |
| <u>Verna</u>              |                     |                     |                  |
| Verna Tradicional         | 375.000             | 350.000             | - 25.000         |
| Verna Nuevas selecciones  | 10.000              | 20.000              | + 10.000         |
| <b>TOTAL Verna</b>        | <b>385.000</b>      | <b>370.000</b>      | <b>- 15.000</b>  |
| <b>TOTAL Fino + Verna</b> | <b>970.000</b>      | <b>1.065.000</b>    | <b>+ 95.000</b>  |

### **1.1.3.- Botánica de los cítricos**

Los cítricos se engloban dentro de la familia de las *Rutaceas*, subfamilia *Arantoideas*, siguiendo la clasificación de Swingle (1967), dicha subfamilia agrupa dos tribus, seis subtribus y treinta y tres géneros, de entre los cuales sólo se conocen como frutos cítricos a tres: *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*, así como a sus híbridos. Estos últimos se encuentran clasificados dentro de la tribu de *Citreas*, subtribu *Citrinas*, denominando al resto afín a los cítricos (Ortiz Marcide, 1985).

**Tabla 1.4.:** Clasificación del limonero y pomelo según Swingle, (1967).

|             |  |
|-------------|--|
| DIVISIÓN    | EMBRYOPHYTA  |
| SUBDIVISIÓN | ANGIOSPERMAS                                       |
| CLASE       | DICOTILEDONES                                      |
| SUBCLASE    | ARQUICLAMIDEAS                                     |
| ORDEN       | GERANIALES   |
| FAMILIA     | RUTACEAS   |
| SUBFAMILIA  | AURANTOIDEAS                                       |
| TRIBU       | CITRAE   |
| GÉNERO      | Citrus   |
| SUBGÉNERO   | EUCITRUS   |
| ESPECIE     | CITRUS LIMON (L.) BURM. F.<br>CITRUS PARADISI MACF |

Los llamados frutos cítricos tienen una característica especial, los gajos o lóbulos están rellenos de una pulpa formada por vesículas fibriformes que rodean las semillas (Gonzalez-Sicilia, 1960)

## **1.2.-FÍSICA DEL COLOR**

### **1.2.1.-Introducción**

El color es un atributo muy importante hoy en día, por lo relacionado que está con toda la sociedad de consumo. Lo que “entra por la vista”, es pues, un factor ligado al consumo, y por lo tanto, se cuida mucho en campañas de publicidad y marketing. Industrialmente un producto puede estar asociado a un color determinado. El tomate para salsa está muy unido a un color rojo determinado, el color de un envoltorio esta pensado para servir de reclamo al comprador, al igual que el tipo de luz que iluminan los estantes, escaparates, etc.

El color de la fruta, se asocia con su calidad. Hay una cultura de los colores de los diferentes frutos existentes en el mercado, que nos indica, si la fruta de una especie determinada es de buena calidad. Así, las naranjas, aunque pueden estar maduras, algunas variedades pueden tener la corteza aún verde; para acelerar su proceso de maduración exterior y que adquieran su color naranja clásico, se las somete a un proceso artificial de cambio del color de su endocarpio hacia colores naranjas. También, para hacer los colores más “vivos” y más atractivos para el consumidor, se lavan los frutos y se les somete a un proceso de encerado para que “brillen más”.

Dado que el color se puede considerar como un objetivo industrial, se vuelve cada día más imprescindible su control, es decir poder medirlo y compararlo. Pero no es fácil hacerlo, ya que el color se ve afectado por muchas causas; la iluminación, el tamaño de la muestra, el brillo, la textura etc. Hay que tener también en cuenta que el color, es un fenómeno subjetivo dependiente del observador, y por lo tanto es más difícil su medida.

Es importante señalar que el color de la superficie de cualquier objeto depende de tres factores: la fuente de iluminación, el observador y la propia superficie. Lógicamente el factor más importante es la naturaleza y características de la superficie. Algunos colores van unidos al objeto (es color naranja de la naranja, el amarillo del limón, el verde de las hojas, etc.). Con estas observaciones dichas hasta ahora, podemos indicar que, cuando se especifique el color de un objeto, deberá indicarse siempre la fuente de luz y el observador utilizado.

### **1.2.2. La luz y su medida**

Antes de hablar del concepto de color, es necesario hacer algunos comentarios breves sobre la luz y su medida, ya que sin ésta, nosotros no podríamos distinguir los colores de los objetos. Conociéndola un poco podemos comprender mejor el concepto de color.

Hasta principios del siglo XIX, la luz fue considerada como una corriente de partículas (corpúsculos) emitidos por una fuente luminosa, lo cual estimula el órgano de la vista (teoría corpuscular de Newton), (Serway, 1985). Posteriormente C. Huygen nos demostró que la teoría ondulatoria podía explicar las leyes de la refracción y de la reflexión. Ya en el siglo XIX Maxwell demostró que la luz era una forma de ondas electromagnéticas de alta frecuencia, Heinrich Hertz confirmó experimentalmente la teoría de Maxwell al generar y detectar por primera vez dichas ondas. Con esta teoría se podían explicar casi todos los fenómenos característicos de las ondas de luz, como la refracción y la reflexión (Gilabert, 1992). Pero el efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz, no concuerda con esta teoría. Dicho efecto consiste en la expulsión de electrones de un metal cuya superficie se expone a la luz. Albert Einstein a principios del siglo XX, utilizando la teoría cuántica desarrollada por Max Planck en 1900, según la cual la energía de una onda de luz está formada por cantidades discretas de energía (fotones); en consecuencia se dice que la energía está cuantizada y el efecto fotoeléctrico es el resultado de la transferencia de energía de un simple fotón a un electrón de un metal.

En vista de estos resultados, la luz debe considerarse como un fenómeno que posee naturaleza dual, que depende del sistema y de las condiciones de observación, ya que algunos fenómenos producidos por la luz (reflexión, refracción) se explican con la teoría ondulatoria y otros como el efecto fotoeléctrico se explican mejor con el modelo corpuscular (Gilabert, 1992).

Las radiaciones electromagnéticas pueden clasificarse en función de su forma de generación, por sus manifestaciones o efectos y por la característica propia de la onda electromagnética en sí. Una radiación monocromática es aquella caracterizada por una sola frecuencia. Una radiación compuesta, es aquella formada por varias radiaciones monocromáticas.

Los espectros se utilizan para el estudio de las principales radiaciones electromagnéticas. Representan la distribución espacial de las radiaciones compuestas obtenidas por la separación de sus componentes monocromáticos.

La luz visible es la forma más conocida de todas las ondas electromagnéticas y se pueden definir como la radiación capaz de producir directamente una sensación visual. Para especificaciones generales, los límites de la zona espectral de radiación se toman en el intervalo entre 380 y 770 nm. Las diferentes longitudes de onda de la luz visible se clasifican en colores que varían desde el violeta hasta el rojo.

Otro tipo de radiación es la ultravioleta, abarca longitudes de onda desde los 400 nm. hasta 600 nm. Una fuente importante de luz ultravioleta es el Sol.

También se deben mencionar los rayos X, ondas electromagnéticas comprendidas en el intervalo de  $10^{-1}$  a  $10^{-2}$  nm. y los rayos gamma, que son ondas emitidas por los núcleos radiactivos de los átomos de ciertas de radiaciones nucleares.

Para la evaluación de la radiación en unidades de energía, se definen unas magnitudes puramente físicas. A cada una de esas magnitudes le corresponde otra que se evalúa por medio de un observador patrón fotométrico (observador visual). Así hay dos clases de magnitudes representadas por el mismo símbolo, solo que, cuando tienen el subíndice e (energía) es el caso de magnitudes físicas y cuando tienen el subíndice v (visual) es el caso de magnitudes fotométricas (Gilabert, 1992).

Las magnitudes radiantes más importantes son:

**Energía radiante**  $Q_e$ .- Es la energía emitida, transmitida o recibida en forma de onda electromagnética o fotones. Su unidad el Julio (j)

**Flujo radiante**  $P_e$ .- es el cociente entre la energía radiante en un intervalo de tiempo elemental. Su unidad es el vatio (w)

$$P_e = dQ_e/dt.$$

**Intensidad radiante**  $I_e = dP_e/d\Omega$ , donde  $d\Omega$  es el ángulo sólido. Su unidad es el vatio por estereorradián W/sr.

**Exitancia radiante**  $M_e$ ,  $M_e = \frac{dP_e}{dA}$  donde  $dA$ = área de la superficie.

Su unidad es el  $W/m^2$ .

**Irradiancia**  $E_e$ , donde,  $E_e = dP_e/dA$ . Unidad  $W/m^2$ .

**Exposición Radiante**  $H_e$  determina la radiación recibida por una superficie en un intervalo de tiempo finito.

**La Radiación.**-  $L_e$ - es la magnitud radiométrica más importante. Mide la radiación en una dirección y con una superficie extensa.

$$L_e = \frac{dP_e}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos Q} \quad \text{Unidad } W/sr \cdot m^2.$$

Se utilizan también magnitudes *radiométricas* como el *componente monocromático*, que es una magnitud radiante contenida en una banda de longitudes de Onda de 10 nm. de anchura y se especifica por la long. de onda central.

Así para la energía radiante:  $Q_e(\lambda) = 10 \cdot Q_{e,\lambda}$ .

**La energía radiante óptica**  $Q_o$  es aquella que sus componentes monocromáticos están comprendidos entre 1 nm. y 1 mm. La energía óptica  $Q_o$  incluye a la luz física  $Q_v$  (energía radiante visible), si los componentes monocromáticos están comprendidos entre 380 y 770 nm (Gilbert 1998).

**Estímulo luminoso.** Cuando la energía radiante visible ( $Q_v$ ) es recibida por un receptor visual.

### 1.2.3. Fuentes de luz normalizadas

Aclarado el concepto de estímulo luminoso que se utilizará más adelante pasamos a mencionar las fuentes de luz que existen.

La luz diurna es y será utilizada como fuente de comparación frente a otras luces distintas. Pero ésta varía mucho durante el transcurso del día, por lo tanto es imposible utilizar esta luz natural como fuente de colorimetría. En colorimetría se hace necesario definir una distribución espectral que presente una luz diurna normalizada.



Para llegar a esta distribución espectral normalizada, es necesario mencionar las dos fuentes radiantes utilizadas: la fuente térmica y la no térmica.

De todas las fuentes de luz que originan las fuentes térmicas y no térmicas, solo unas pocas han sido normalizadas para su uso en la medida del color, produciéndose tanto las características de la luz diurna como la de la luz artificial. Las fuentes artificiales normalizadas y recomendadas por la Commission Internationale de l'Eclairage, CIE (CIE, 1972) son:

- **Fuente A.**- Lámpara de incandescencia con filamento de wolframio en atmósfera gaseosa funcionando a una temperatura de color correlacionada de 2.856 K.
- **Fuente B.**- Fuente A con un filtro líquido especificado para dar una radiación con una temperatura de color correlacionada de 4.874 K. Representa la luz solar directa.
- **Fuente C.**- Fuente A con un filtro líquido especificado para dar una temperatura de color correlacionada de 6.774 K. Representa la luz diurna media. (Davis and Gibson, 1931)

Para poder disponer de una distribución espectral constante para la medida del color, y no depender de las variaciones de luz en las lámparas producidas por el envejecimiento a la tensión eléctrica, la CIE propuso el uso de **iluminantes** (CIE, 1972). Un iluminante es tan solo una distribución espectral, es decir una tabla de valores que indican las concentraciones espectrales de una magnitud radiométrica en función de la longitud de onda. Es decir define una luz teórica que es o no realizable físicamente. La CIE en 1931 recomendó las siguientes:

- **Iluminante A.**- Distribución espectral relativa con una temperatura de color de 2.856 K. Representa la luz de una lámpara incandescente.
- **Iluminante C.**- Distribución espectral relativa con una temperatura de color de 6.774 K. Representa la luz diurna media sin excitación ultravioleta. Muy utilizado en trabajos de medida de color, sobre todo en cítricos (Porras, 1993; Porras *et al.*, 2000; Conesa, 1999; González *et al.*, 2002).

- **iluminante D**.- Distribución espectral, luz diurna, entre 4.000 K y 25.000 K) El utilizado hoy en día es el **iluminante D<sub>65</sub>**: tiene una temperatura correlacionada de 6.504 K. Representa la luz diurna media con excitación ultravioleta. La desventaja del iluminante D<sub>65</sub> es que no hay una fuente real que suministra tal distribución espectral. Una buena aproximación del iluminante D<sub>65</sub> (CIE no ha recomendado ninguna fuente) es la radiación producida por la lámpara de arco de xenón (temperatura de color correlacionada de 6.050-6.350 K) con un filtro adecuado.

Normalmente en los trabajos científicos relacionados con la iluminación no se suele mencionar el iluminante empleado, tan solo los realizados por físicos u ópticos, o tienen formación en estas materias.

Los trabajos que se citan a continuación como ejemplo, se han utilizado el Iluminante D<sub>65</sub>. En un estudio de valoración del efecto del etefón en la maduración de frutos de pimiento para pimentón (Pardo *et al.* 1997) se utilizó en la medida del color un colorímetro, con Iluminante D<sub>65</sub>. En un trabajo sobre el color de la carne, como característica diferencial de razas, Hernández *et al.*, (1997) emplea este Iluminante. También, en la medida del color de la carne ( Lizaso, *et al.*, 1997), utiliza el mismo iluminante, y Fernández *et al.*, (1997) lo emplea, estudiando la evolución del color durante el curado del chorizo. En un trabajo de caracterización colorimétrica de vinos canarios (Darias, *et al.*, 1996), menciona la utilización del D<sub>65</sub> como el iluminante empleado en el colorímetro. En un estudio de la variación del color en los dientes humanos con la edad, influencia del iluminante (Rubiño. M. *at al.*, 2002) trabajan con los iluminantes: C, A, D<sub>65</sub>, D<sub>55</sub>, D<sub>50</sub>, D<sub>75</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>7</sub> y F<sub>11</sub>, y los resultados obtenidos muestran que casi todas las correlaciones son buenas.

#### **1.2.4.-Detectores de energía radiante**

Los detectores se utilizan para la medida de la energía radiante, produciendo un efecto medible, (respuesta), al incidir sobre ellos energía radiante óptica (llamada estímulo, especificado por la irradiancia  $E_e$  o por la exposición radiante  $H_e$ ) (UNE, 1982).

Los detectores de la energía radiante que interesan en colorimetría, son los detectores selectivos de naturaleza fotoeléctrica; sirven para medir la energía radiante,

y producen un efecto medible especificado por una magnitud. Pueden ser fotoconductivos, fotovoltaico y fotoemisivos. Existe una tabla de detectores de energía radiante utilizados en los aparatos de medida del color, en dicha tabla establece los Detectores de Energía Radiante (D.E.R.) de los iluminantes normalizados, desde una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 380 nm. hasta 770 nm, indicando en cada  $\lambda$  los valores de  $S_A$ ,  $S_C$ ,  $S_{D65}$ ,  $S_F$  (Gilabert, 1998).

### **1.2.5.-Medida de la luz**

La fotometría es la medida de las magnitudes asociadas a las radiaciones, evaluadas por la impresión visual producida por éstas, sobre la base de ciertas convenciones. Así un estímulo luminoso es una radiación física definida que produce sensación de luz.(UNE 1978)

#### **Magnitudes fotométricas**

A partir de las magnitudes radiométricas definidas anteriormente se evalúan las correspondientes magnitudes fotométricas por medio de un observador patrón que se definirá más adelante (Gilabert, 1998). Las más importantes son:

**Cantidad de luz**,  $Q_v$  definida como la energía visible emitida, transmitida o recibida en forma de ondas electromagnéticas o fotones.

**Flujo luminoso**,  $P_v$  de una superficie o espacio, como la cantidad de luz emitida, transportada o recibida en un segundo en todas direcciones.  $P_v = dW_v/dt$ .  
Unidades : lúmen (lm).

En el sistema internacional la magnitud básica es **la intensidad luminosa**,  $I_v$  de una luz visible en una dirección y para un punto dado. Es la cantidad de luz por unidad de tiempo en una determinada dirección, determinada la distribución espacial de luz.

$I = dP_v/d\Omega$ . Su unidad en el S.I. es la candela (cd), definida como el flujo luminoso de un lumen contenido en un ángulo sólido de un estereorradián. (UNE 1983a y b)

**Exitancia luminosa**, definida para una superficie emisora como

- $M_v = dP_v/dA$ ,
- Su unidad es el lumen/m<sup>2</sup>.

- **Illuminancia** equivale a la magnitud radiométrica radiancia es  $E_v = \frac{dP_v}{dA}$

es decir el cociente entre el flujo luminoso elemental recibido por un elemento de superficie y el área de ese elemento. Su unidad es el lux (lx) en el S.I.

**Exposición luminosa**, para una superficie receptora, es la cantidad de luz recibida en un intervalo de tiempo finito.

$$H_v = E_v \cdot dt$$

Su unidad es el lux por segundo.

**Luminancia**,  $L_v$ , magnitud equivalente a la Radiancia. Se trata en realidad de la verdadera medida de la sensación de iluminación de un objeto, y los observadores que imitan el sistema visual real, solo responden a estímulos luminosos especificados por la radiancia espectral.

$$L_v = \frac{d^2P_v}{d\Omega \cdot dA \cdot \cos\Phi}$$

Su unidad en el S.I. es la candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

### 1.2.6.- Eficacia luminosa de una radiación monocromática

La luz es un aspecto de la radiación electromagnética cuya potencia luminosa puede evaluarse mediante el flujo luminoso. Pero la radiación es también energía y su potencia puede medirse como flujo radiante, ¿Qué relación existe entre ambos flujos?, es decir ¿cuántos lúmenes equivale el flujo de un watio? Dicha relación se define como la eficacia luminosa espectral  $K(\lambda)$ .

$$K(\lambda) = \frac{P_v \cdot \lambda}{P_e \cdot \lambda}$$

El valor  $K(\lambda)$ , es muy distinto según la longitud de onda. Dentro del espectro visible es muy variable. Así empieza valiendo cero con 400 nm, y va creciendo según

una curva campana, hasta alcanzar un máximo  $K(\lambda) = 683 \frac{lm}{w}$  para 550 nm, y desciende luego, sin ser curva simétrica para valor de cero a 770 nm.

### 1.2.7.-Observadores Fotométricos

En todas las medidas fotométricas debemos considerar el ojo como un patrón de referencia, pero nuestra percepción de la luz (y del color) es el resultado de una compleja actividad fisiológica, y las diferencias individuales (de cada ojo) tienen como resultado diferencias en la percepción de la luz (y del color). Consecuentemente, se han adoptado los llamados **observadores patrones** definidos como observadores teóricos seleccionados por acuerdo internacional para representar a la mayoría de los observadores humanos en unas condiciones de observación determinadas (Gilbert, 1998).

La CIE normalizó en 1924 un Observador patrón fotométrico mediante una curva de sensibilidad espectral que coincide con la curva patrón de luminosidad en valores relativos. Queda definida así la **eficiencia luminosa** como un parámetro adimensional, que se calcula por la fórmula  $V(\lambda) = K(\lambda)/Km$  cuyos valores se encuentra en tablas, y recibe el nombre de **Observador fotométrico UNE 1** (UNE 1982b).

En 1951 la CIE adoptó un observador fotométrico para la visión escotópica, representado por  $V(\lambda)$  y recibe el nombre de **Observador fotométrico UNE 2** (UNE 1982 c).

### 1.2.8.- Medida de la absorción de la luz

Los fotómetros son aparatos que miden la absorción de la luz por un medio físico. Dicha absorción puede ser por transmisión o por reflexión y para cada caso si el medio es homogéneo o no.

Cuando se mide la transmitancia de una disolución de colorante, dentro de un recipiente de vidrio, su valor medio está alrededor del 0,92, debido a que cada separación interfacial aire-vidrio, refleja aproximadamente el 4 % de la luz incidente. Para evitar este inconveniente, se utilizan dos cubetas idénticas, una de las cuales se llena con la disolución problema y la otra con el disolvente y los productos usados en

las mismas proporciones. Esta segunda cubeta recibe el nombre de “blanco o cubeta de referencia” y se considera que tiene la misma transmitancia. Así con ella la escala de medida se ajusta a 1 (o 100 %), se cambia por la cubeta problema y la escala da directamente el valor del factor de transmitancia espectral  $T(\lambda)$ , con respecto al blanco de referencia.

Las superficies blancas son de interés en la medida del color y al utilizar como superficies de referencia (patrones blancos), en la medida de la reflectancia. Durante años el patrón adoptado fue el Oxido de magnesio (MgO), y su reflectancia se tomaba igual a 1,000 para todas las longitudes de onda del espectro visible. Actualmente la CIE (1992) recomienda que las medidas de reflectancia se relacionen con el patrón primario de reflectancia definido como el difusor perfecto por reflexión.

Hay que distinguir dos clases de aplicaciones. La primera como patrón de calibración, es decir los valores de reflectancia espectral se utilizan para calibrar diferentes instrumentos con referencia a otro.

La otra aplicación es como patrón de trabajo, donde el material es parte integrante de un instrumento determinado. Su calibración se lleva a cabo con un patrón de calibración y su reflectancia espectral sólo es válida en relación con el instrumento utilizado y su geometría de medida.

La radiación emitida por una fuente o la distribución espectral de un iluminante, tal como los estudiados, se modifica cuando atraviesa un medio físico.

Generalmente cuando la luz incide sobre un objeto, una fracción es reflejada, otra es absorbida y el resto es transmitida.

$$I_o = I_r + I_a + I_t \quad \text{donde} \quad 1 = \frac{I_r}{I_o} + \frac{I_a}{I_o} + \frac{I_t}{I_o} \quad \text{y} \quad R + A + T = 1,$$

donde R es la reflectancia, A la absorbancia y T la transmitancia. Tales fracciones definen las propiedades de un material y, en general, dependen de la longitud de onda. Se dice que los objetos son opacos, cuando el componente transmitido es tan pequeño que es insignificante.

La medida de la absorción de la luz, por un medio físico se lleva a cabo en los aparatos llamados fotómetros. La medida de la fracción de la intensidad de la luz transmitida o reflejada se realiza por medio de dos instrumentos físicos, el fotocolorímetro y el espectrofotómetro. Constan esencialmente de una fuente de iluminación, un sistema monocromado y unos detectores, además de las cubetas, patrones de trabajo y la geometría de medida, que ya se ha visto anteriormente (Gilabert, 1998).

**Fuente de iluminación en fotómetros.-** Se emplean actualmente lámparas de incandescencia con halógenos, lámparas de xenón de alta presión y lámparas de xenón de alta presión en régimen pulsante, que dan luz muy intensa durante milésimas de segundo.

**Sistema monocromador.-** Parte delicada del instrumento, distingue los fotocolorímetros de los espectrofotómetros. Permite seleccionar un haz de luz más o menos monocromática, a través de los sistemas siguientes:

1.- **Filtros ópticos:** utilizados en los fotocolorímetros, están formados por láminas delgadas de vidrio coloreado que transmite una banda de luz que tiene un amplio intervalo de longitudes de onda, normalmente de 20 a 50 nm.

2.- **Prismas de dispersión** utilizadas en los espectrofotómetros.

3.- **Redes de difracción**, se emplean cada vez mas como elementos dispersantes en los espectrofotómetros, están sustituyendo a las mismas.

4.- **Filtros de interferencia.** Los instrumentos que lo emplean reciben el nombre de espectrofotómetros simplificados. Estos filtros producen radiación monocromática que evita muchos de los problemas en el diseño de los monocromadores.

5 - **Detectores.-** El haz luminoso transmitido o reflejado, incide finalmente sobre un sistema detector, el cual es capaz de transformar la energía radiante en una señal eléctrica, que una vez ampliada pasa a un medidor, indicador o pantalla.

### **1.2.9.- El color y su medida**

El color, como ya se ha indicado, se utiliza como otros términos, con varios significados distintos, el químico (colorantes), el físico, fenómenos en el campo de la óptica, cuando hay que medir el color de un material se miden sus propiedades ópticas,

y finalmente los fisiólogos y sociólogos, lo emplean en otro sentido, en comprender la naturaleza del proceso de visión.

La norma UNE (UNE, 1978) también distingue dos acepciones: **El color percibido** como aquel aspecto de la apreciación visual que permite al observador distinguir las diferencias entre dos objetos de las mismas dimensiones, forma y estructura, siendo esas diferencias producidas por una diferencia de composición espectral de la radiación que interviene en la observación y **el color sicofísico**, característica de la radiación visible (sensación producida por una luz de una calidad espectral) que permite distinguir al observador entre dos objetos de las mismas dimensiones y estructura, siendo estas diferencias de la misma naturaleza a las producidas por una diferencia de composición espectral de la radiación que interviene en la observación.

#### 1.2.9.1.- Especificación del color percibido

Bajo el punto de vista sensorial se definen tres características del color percibido:

1.- **Luminosidad** atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece emitir más o menos luz. Se corresponde con la magnitud fotométrica luminancia (flujo luminoso).

Para superficies transmisoras o reflectoras se habla de claridad, atributo de la sensación visual por el cual un cuerpo parece reflejar (ó transmitir) por difusión una fracción mayor o menor de luz incidente. Se corresponde con la magnitud fotométrica factor de luminancia.

Los colores pueden separarse en “claros” y “oscuros” cuando se comparan sus luminosidades. Así, el amarillo de un limón es más claro que el amarillo de un pomelo.

2.- **Tono** – atributo de la sensación visual que ha suscitado nombres como azul, verde, amarillo, etc. Las manzanas son rojas, los limones amarillos, el cielo azul. Así, es como percibimos y expresamos el color en el lenguaje diario. El término usado para distinguir ese rojo, amarillo y azul se denomina tono.

3.- **Saturación o croma**.- Atributo de la sensación visual que permite estimar la preparación del color cromático puro contenido en la sensación total. Volviendo al ejemplo del limón, diríamos que el limón es claro, pero además en este caso, es “vivo”,



mientras que en el plátano es “apagado”, otra gran diferencia, pero esta vez, referida a la intensidad del color o pureza. Esta tercera propiedad se llama croma (Hunt, 1977)

El tono y el croma definen las características colorimétricas de un estímulo de color y reciben en conjunto el nombre de cromaticidad.

### 1.2.9.2.- Especificación del color psicofísico

Descubrir la sensación producida por una luz de cualquier calidad espectral no es posible. Tampoco lo es la sensación de dolor al hacerse una herida. La analogía sugiere la posibilidad de evaluar un color en función de ciertos estímulos primarios o normalizados. Un observador, combinando la luz de tres fuentes primarias en las proporciones adecuadas, puede duplicar el efecto, de cualquier estímulo de color. Existen técnicas experimentales sencillas que permiten, variando las cantidades de luz de tres fuentes primarias encontrar una combinación que pueda igualar al color que queremos reproducir (duplicación del color). Este color puede especificarse por estas cantidades (X, Y y Z), llamadas *valores triestímulos*, y fueron determinadas por la CIE en 1931 y forman la base para los cálculos de la mayoría de los sistemas de coordenadas de color de la CIE (CIE, 1970). Así *los valores triestímulos obtenidos, constituyen una especificación del color para una muestra dada y para un observador*. Otro observador que realice el mismo experimento también obtendrá una especificación válida del color con estímulos equivalentes al primer observador, aunque pueden variar ligeramente. Consecuentemente, la obtención de un valor objetivo en la normalización de colores, debe basarse sobre un gran número de observadores, cuidadosamente seleccionados. La sensibilidad del observador depende también si son hombres o mujeres los que realizan la observación, e incluso entre ellos hay diferencias para distinguir entre colores similares (Farnsworth, 1957).

La utilización de colorímetros, que utilizan los valores triestímulos, como base de los cálculos en el espacio de color que utilizan, para la medida del color, ofrece una notación más objetiva del color y reduce el potencial error luminoso en la evaluación del color cuando se usan las cartas de colores.

Los instrumentos de medida posibilitan una datación siempre idéntica del color, porque evita las diferencias de espectros a lo largo del día, entre diferentes fuentes de luz y la percepción entre los distintos observadores humanos.

Dentro del dominio de los colores reales, se pueden presentar valores negativos de los triestímulos. La CIE adoptó unos valores triestímulos espectrales que eliminan esa dificultad, si bien son menos intuitivos al no ser colores reales. Están definidos en tablas donde aparecen los valores triestímulos, del observador colorimétrico patrón.

En la figura (1.3) se ha representado el conjunto de tres curvas  $X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$  y  $Z(\lambda)$ , llamadas funciones colorimétricas. Los valores en estas funciones colorimétricas indican las cantidades de cada uno de los estímulos de referencia que se necesitan para igualar cada radiación monocromática del aspecto visible, para un vatio de potencia.

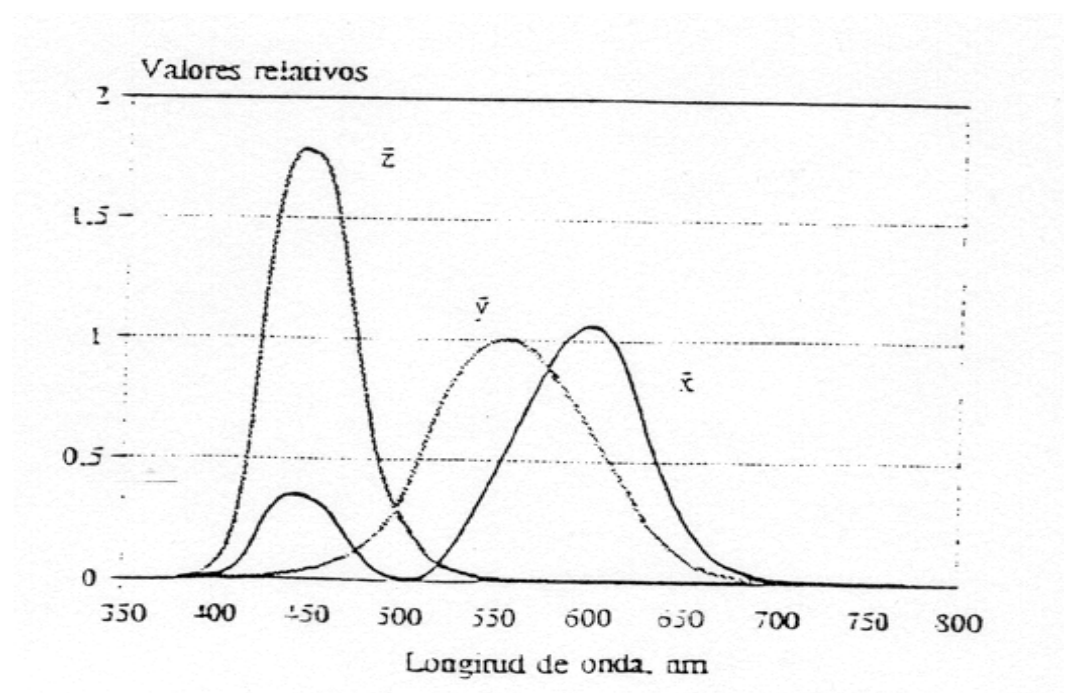
Las principales características de las funciones colorimétricas son:

1º.-Todas las ordenadas son positivas, luego los valores, triestímulos que se obtengan serán siempre positivas.

2º.- Los valores correspondientes a la segunda función  $Y(\lambda)$  son iguales a los de la eficacia luminosa  $V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{Km}$  y por tanto la luminosidad será igual a  $Y=0,683$ .

3º.- Las áreas que hay bajo las tres curvas son iguales.

**Figura 1.3.:** Funciones colorimétricas CIE 1931



Estas funciones colorimétricas definen y componen el Sistema colorimétrico patrón CIE (1.931), aplicable a campos de observación de 1 a 4° (0,017 a 0,07 radianes), siendo un sistema lineal y unívoco para la evaluación de cualquier radiación con la ayuda de estas funciones. También queda definido el Observador Colorimétrico Patrón UNE3, siendo un receptor teórico de radiación adoptado por acuerdo Internacional, cuyas características colorimétricas corresponden a los valores triestímulos espectrales

$X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$  y  $Z(\lambda)$ .

### 1.2.9.3.- Coordenadas de cromaticidad

Adoptando el sistema colorimétrico anterior, a partir de la tabla, vamos a calcular los valores triestímulos de una radiación monocromática de longitud de onda 470, con la tabla del Observador colorimétrico patrón UNE 3, que nos da para una  $\lambda=470$  nos dan unos valores de:

$$X = 0,1954, \quad Y = 0,0910, \quad Z = 1,2876.$$

Para otra radiación de la misma longitud de onda y flujo radiante de dos vatios, los valores triestímulos serán ahora el doble que antes:

$$X = 0,1954 \times 2.$$

$$Y = 0,0910 \times 2.$$

$$Z = 1,287 \times 2.$$

Esto nos indica que los valores triestímulos no indican de una forma comprensible la naturaleza de la diferencia de color, cuando ésta se presenta. Las dos radiaciones anteriores son de la misma calidad cromática (tono y croma) pero una es más luminosa que otra, exactamente el doble, que viene confirmado por el valor triestímulo Y, ya que  $y(\lambda)$ , se comprueba que es proporcional a la curva patrón de la luminosidad, ya indicada anteriormente, por lo que Y está íntimamente ligada a la luminosidad.

Las llamadas coordenadas de cromacidad miden la evaluación de la cromaticidad de un estímulo de color, y son:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

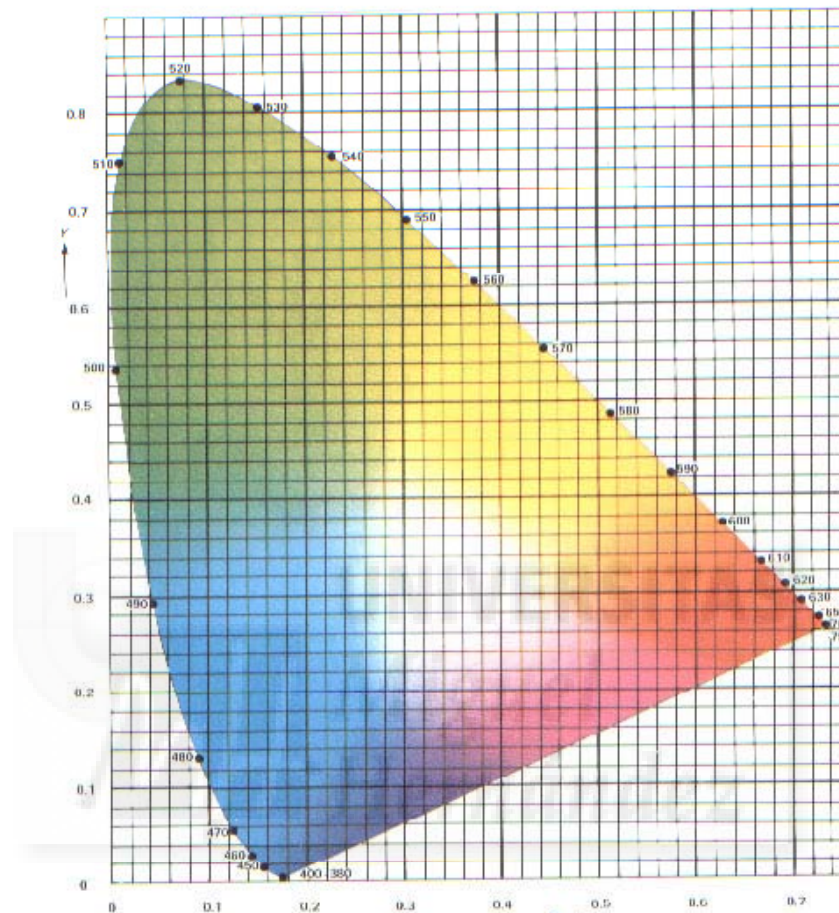
Siendo dos de ellas variables independientes, ya que:  $x + y + z = 1$ .

Las coordenadas  $(x,y)$  son las seleccionadas para evaluar la cromaticidad. El color se comprende mejor si, en lugar de utilizar los valores triestímulos, se especifica en función de  $(Y, x,y)$ , ya que Y esta relacionada con la luminosidad.

Cuando se conocen  $x, y, Y$ , se pueden calcular los valores triestímulos X, Z ya que:  $X = Y \cdot \frac{x}{y}$

$$z = \frac{Y \cdot (1 - x - y)}{y}$$

El diagrama cromático CIE (1.931), dentro del cual deben hallarse los puntos representativos de las coordenadas reales, se utiliza para representar la cromacidad en un plano  $x y$ , y sobre un sistema cartesiano. Figura 1.4

**Figura 1.4.:** Diagrama de cromacidad CIE 1931

Si se utiliza los valores triestímulos se necesitaría una representación tridimensional, lo cual es incómodo. En el diagrama de cromacidad CIE 1931 (Figura 1.4) se muestra la curva obtenida al representar las coordenadas cromáticas de los colores del espectro visible, llamada lugar de los estímulos espectrales.

#### 1.2.9.4- Medida normalizada del color

El cálculo del factor de luminancia puede simplificarse al máximo en el caso de que el valor triestímulo Y del iluminante fuese igual a uno (o cien) es decir si la suma

de los productos de la distribución espectral del iluminante por el segundo valor triestímulo espectral es igual a uno (o cien). Entonces el valor triestímulo Y de la disolución (o de la superficie) también sería el factor de luminancia.

Esto supone que el valor triestímulo Y del iluminante utilizado en los cálculos es siempre igual a 100 y también el valor triestímulo Y del difusor perfecto. Este resultado es tan importante que la simplificación anterior está recogida en las normas UNE y adoptada para el cálculo de las coordenadas de cromaticidad de una superficie receptora (UNE, 1984).

#### **1.2.9.5. Espacios de color**

Desde la creación del Observador patrón CIE (1931), con sus tres valores triestímulos X, Y, Z, se han ido introduciendo nuevas coordenadas colorimétricas, a partir de ellas, con expresiones matemáticas más o menos complicadas. Tales coordenadas sitúan cada color en un espacio determinado, que tendrá tantas dimensiones como número de coordenadas se necesiten.

Aparecen así, los espacios de color, definidos como la representación geométrica de los colores en el espacio, normalmente de tres dimensiones.

Como la representación es parcial sobre el plano del papel no es fácil, generalmente se sustituye por una representación geométrica plana, llamada diagramas cromáticos. Se obtienen como proyección y generalmente ortogonal sobre un plano, de los puntos del espacio de color, o representando en un plano, dos de las coordenadas colorimétricas. Al no ser una representación completa se necesitan como mínimo dos diagramas.

Los espacios de color se les van a exigir que sean uniformes, es decir, que todas las diferencias de color, igualmente percibidas deban representarse en tal espacio uniforme para las mismas distancias.

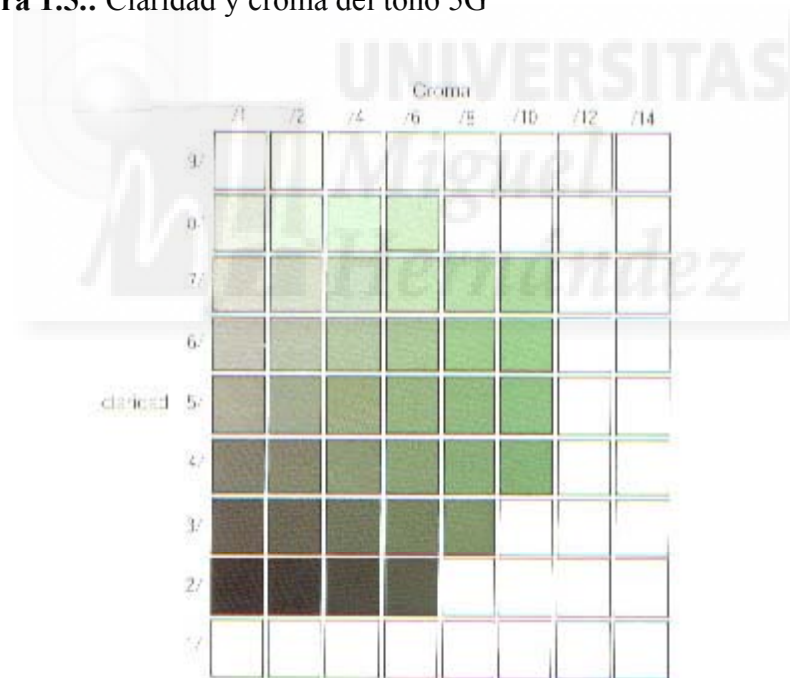
### 1.2.9.6.- Sistema Munsell

Los colores también pueden ser identificados asignando letras y números a los distintos pasos en la carta de colores tridimensional. Desarrollada originalmente por el artista americano A.H. Munsell, (Munsell, 1936-1963) este diagrama se denomina “carta de color Munsell”.

Las coordenadas de este espacio de color son **los value**, **el hue H**, y **el chroma C**, equivalentes a los atributos visuales, luminosidad, tono y saturación, respectivamente.

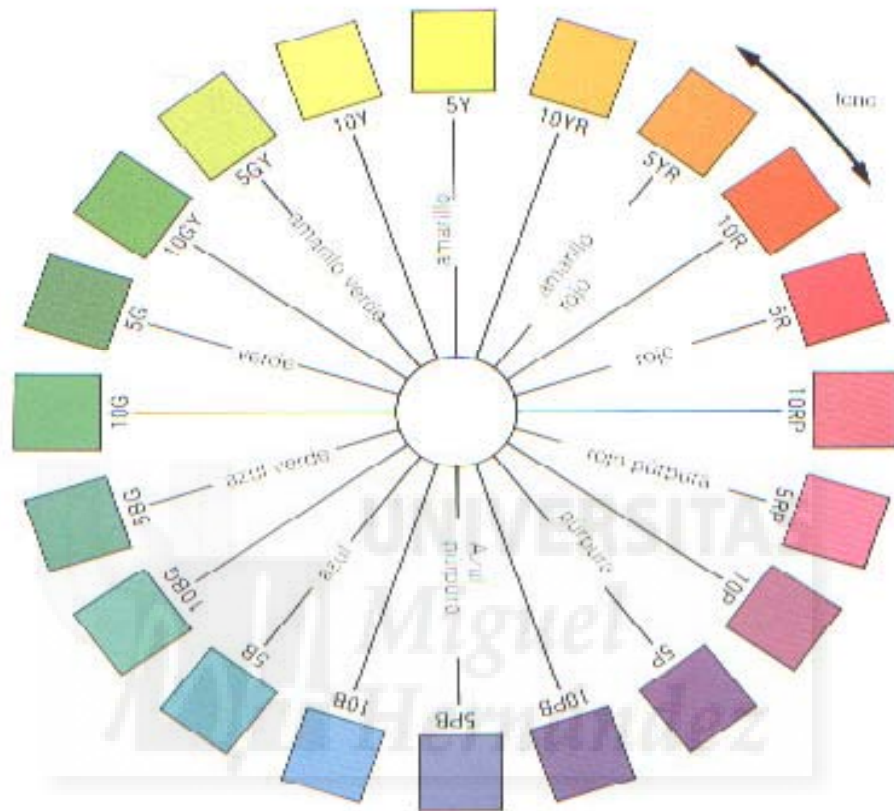
El **value** indica el grado de claridad y oscuridad de un color con relación a una escala de grises neutros, que va del negro absoluto, notación 1/, al blanco absoluto, notación 9/, tal como se muestra en la Figura. 1.5

**Figura 1.5.:** Claridad y croma del tono 5G



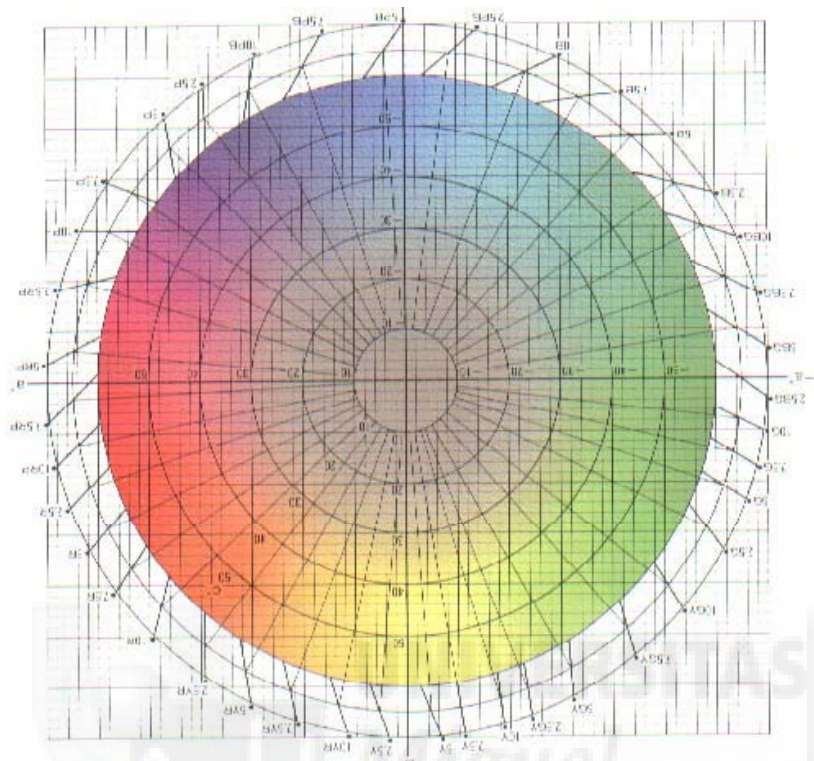
Para las muestras coloreadas se eligen cinco tonos principales, rojo, R, amarillo, Y, verde, G, azul, B y púrpura, P; y cinco tonos intermedios: amarillo-rojo, YR, verde-amarillo, GY, azul-verde, BG, púrpura-azul, PB, y rojo-púrpura R.P. La Figura 1.6 muestra la rueda de colores Munsell, con los colores indicados.

**Figura 1.6.-** Rueda de colores Munsell



Considerando la escala de la luminosidad **value**, de negro a blanco, siendo el cero el negro y diez el blanco y lo situamos en el eje Z, en la rueda de colores, tenemos el espacio cromático de Munsell en 3D, como puede observarse en la Figura 1.7 donde se intenta mostrar un espacio de color en tres dimensiones.



**Figura.1.7.:** Espacio cromático de Munsell

### 1.2.9.7.- El espacio de color Normalizado. CIE

Los sistemas colorimétricos **CIE** 1931 y 1964, para caracterizar los colores, tienen el problema de la necesidad de crear espacios de color lo más uniformes posibles. Se han originado más de veinte transformaciones matemáticas, de los valores triestímulos a fin de superar tal inconveniente.

Uno de los espacios de color normalizados en el sistema ANLAB, desarrollado por Adams y Nickerson, que utiliza tres coordenadas (**L, a, b**) que unidas a las iniciales de los autores forman el nombre del espacio.

La CIE recomendó en 1976 el espacio de color **CIELAB**, adoptado también como norma UNE. Para su obtención hay que definir unas magnitudes, que derivan matemáticamente de los valores triestímulos, y pueden considerarse como respuestas de los observadores colorimétricos UNE 3 y UNE 4, a un estímulo luminoso (UNE, 1983a y b) Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia.

En los espacios de color normalizados los estímulos dependientes, a los observadores reales, les aparecen como estímulos no luminosos; como en el caso de cualquier superficie o material no emisor de luz (Gilabert, 1998).

Como blanco de referencia se tomará el difusor perfecto cuyos valores triestímulos son los del iluminante utilizado y se designan por  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$ , y son los indicados en la tabla 1.4.

**Tabla 1.5.:** Colores normalizados de los iluminantes

| (CIE 1931                   | A        | D65      | C        | F        |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Valores triestímulos        |          |          |          |          |
| $X_{n2}$                    | 109,8538 | 95,048   | 98,068   | 109,4331 |
| $Y_{n2}$                    | 100      | 100      | 100      | 100      |
| $Z_{n2}$                    | 35,5821  | 108,8969 | 118,2313 | 40,2139  |
| Coordenadas de cromaticidad |          |          |          |          |
| $x_{n2}$                    | 0,4476   | 0,3127   | 0,3100   | 0,4384   |
| $y_{n2}$                    | 0,4074   | 0,3290   | 0,3162   | 0,4006   |
| (CIE 1964)                  |          |          |          |          |
| Valores triestímulos        |          |          |          |          |
| $X_{n10}$                   | 111,1482 | 94,8137  | 97,2857  | 121,1202 |
| $Y_{n10}$                   | 100      | 100      | 100      | 100      |
| $Z_{n10}$                   | 35,2001  | 107,3307 | 116,144  | 40,7947  |
| Coordenadas de cromaticidad |          |          |          |          |
| $x_{n10}$                   | 0,4512   | 0,3138   | 0,3104   | 0,4433   |
| $y_{n10}$                   | 0,4059   | 0,331    | 0,3191   | 0,3954   |

El espacio de color CIELAB es un sistema coordinado definido por tres coordenadas colorimétricas: **L**, **a**, **b**. Son magnitudes adimensionales y se calculan por la formula:

$$L = 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16.$$

$$a = 500 \cdot [(X/X_n)^{1/3} - (Y - Y_n)^{1/3}]$$

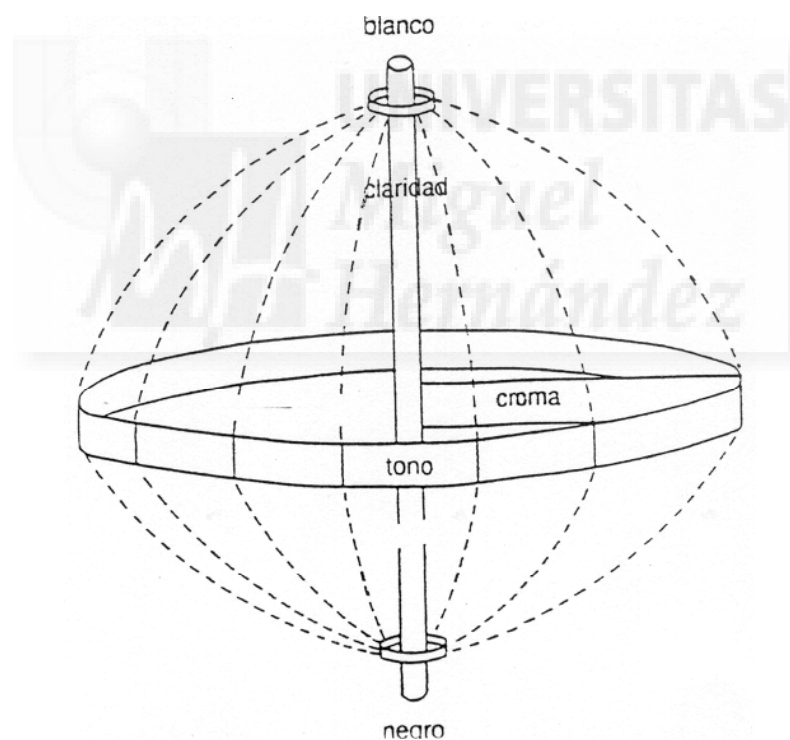
$$b = 200 \cdot [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z - Z_n)^{1/3}]$$

En el caso de que cualquiera de los cocientes  $X/X_n$ ,  $Y/Y_n$ ,  $Z/Z_n$ , sea igual o menor de 0,008856 (muestras muy oscuras), las coordenadas colorimétricas tendrán otras fórmulas matemáticas.

La coordenada **L** recibe el nombre de claridad y puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas (**a**, **b**) forman un plano perpendicular a la claridad.

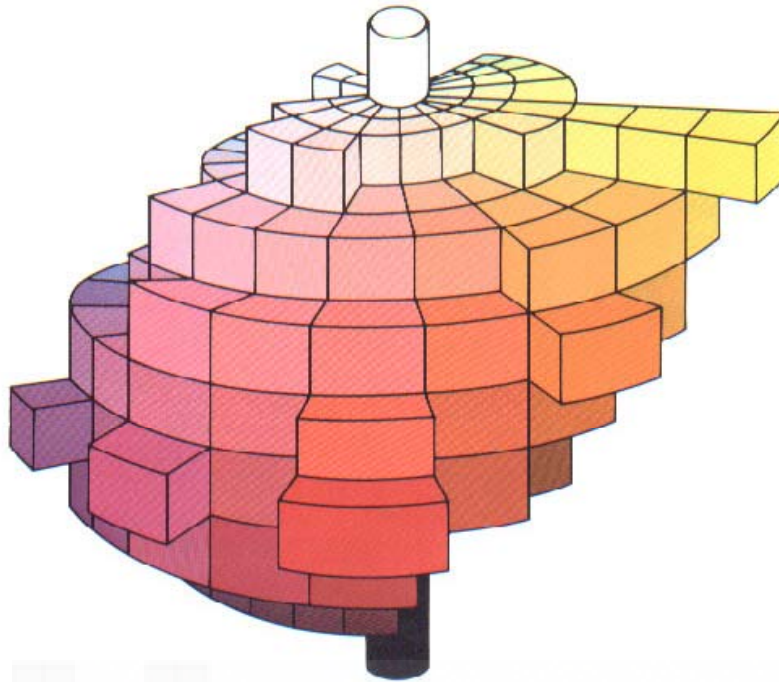
Tono, claridad y croma son las tres características del color, y pueden visualizarse en tres dimensiones como se muestra en la Figura 1.8. Los tonos de color están fuera, alrededor del centro de ordenadas, con la claridad formando el eje vertical y el croma el eje horizontal desde el centro de ordenadas.

**Figura 1.8.:** Sistema de color 3D.

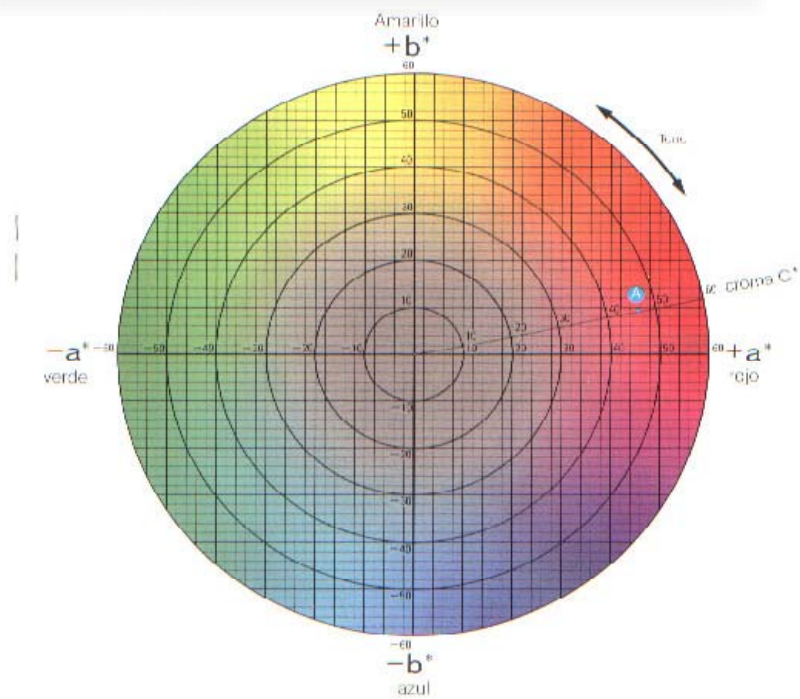
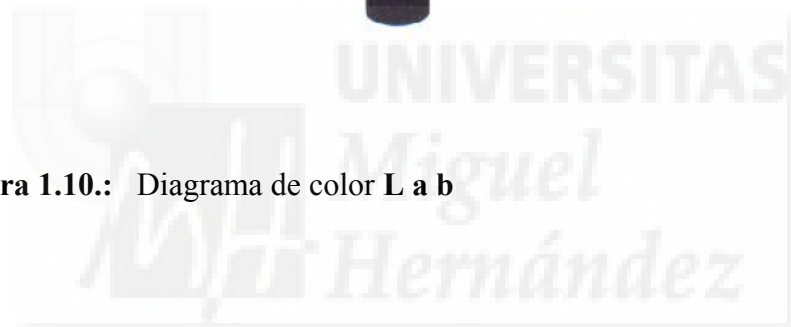


Si los tres parámetros que se muestran en la Figura anterior fueran realmente combinados en un sistema tridimensional, aparecerían como un sólido de color tal como aparecen en la Figura 1.9. Cuando se expresa con una Figura como esta, la relación entre tono, claridad y saturación nos parece más clara (UNE 1985). La proyección sobre un plano, o un corte por la zona ecuatorial del sólido de color nos da el diagrama de color de la Figura 1.10.

**Figura 1.9.:** Sólido del color

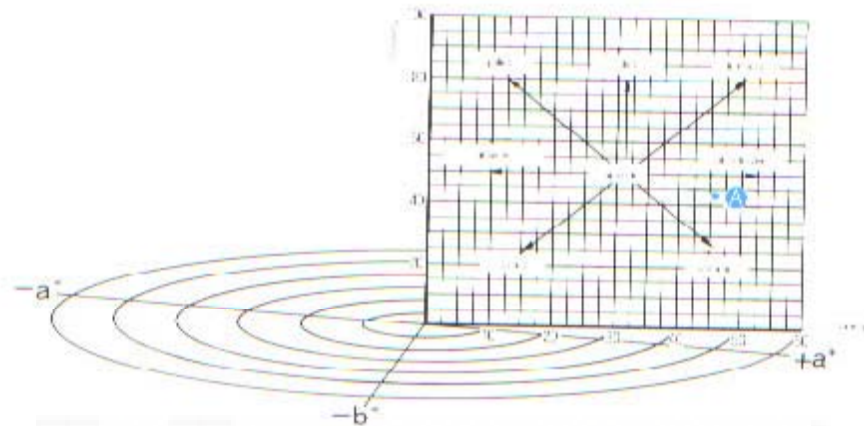


**Figura 1.10.:** Diagrama de color L a b



En la Figura 1.11 se muestra la anterior carta de color girada 90° con la claridad  $L^*$  aumentando verticalmente, donde el Cromo  $C^*$  varía radialmente

**Figura 1.11.:** Modificaciones relativas del tono de color



La coordenada  $a$  define la desviación del punto acromático correspondiente a la Claridad, hacia el rojo si  $a > 0$ , o hacia el verde si  $a < 0$ . Análogamente la coordenada  $b$  define la desviación hacia el amarillo si  $b > 0$ , y hacia el azul si  $b < 0$ . El conjunto  $(a, b)$  recibe el nombre de cromacidad y junto con la claridad ( $L$ ) definen el color de un estímulo. Tiene el problema de que no indica explícitamente el tono y la saturación. Este inconveniente se resuelve definiendo dos magnitudes colorimétricas nuevas, el Cromo  $C$  llamado por el autor índice de saturación (Little, 1975) y el tono  $H$ , donde:

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$H = h^\circ = \arctan(b/a)$$

El cromo  $C$  toma el valor de 0 para estímulos acromáticos y normalmente no pase de 150, aunque puede superar, valores de 1.000 para estímulos monocromáticos.

El tono  $H$ , varía entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  y para estímulos acromáticos ( $a=b=0$ ) es una magnitud indefinida.

En la identificación del tono por la CIE se muestra con una **h** minúscula, mientras que en las Normas UNE se muestra con **H** mayúscula. En este trabajo se adopta esta última notación.

### **Estímulos independientes.**

Un estímulo se dice que es independiente, cuando es único o de luminancia muy superior a la de los estímulos que le rodean. A los observadores reales aparece como una fuente de luz. En este caso, el blanco de referencia, salvo que se indique otra cosa, se tomara con los valores triestímulos iguales entre sí, e iguales al valor triestímulo  $Y$  del estímulo considerado. Para especificar los estímulos independientes en el espacio CIELAB, hay que definir otras magnitudes colorimétricas. El blanco de referencia, si no se indica otra cosa, se tomará,  $X_n=Y_n=Z_n=Y$

### **La luminosidad**

**Q**, es una magnitud derivada de la Claridad **L** y de la luminancia  $Y_n$  del blanco de referencia.

$$Q = (0,15 L - 5) \log. Y_n. + 0,6 L + 40.$$

Donde  $Y_n$  es la luminosidad del blanco de referencia, para estímulos dependientes, el blanco de referencia utilizado en este trabajo es el de la placa del calorímetro empleado, la cual con un **Iluminante C** muestra unos valores de:  $Y=95.2$   
 $x= 0,3132$   $y= 0,3198$ . El valor de  $Y$  es el utilizado en la fórmula anterior, en este trabajo.

Para estímulos independientes normalizados como  $Y_N = L = Y$  y la  $L = 100$  la fórmula se simplifica convirtiéndose en:  $Q = 10 \cdot \text{Log } L + 100$ .

**La Saturación UNE S** es una magnitud derivada de la Claridad y el Croma, según indica la fórmula siguiente:

$$S = C/L$$

Para estímulos independientes la Saturación es proporcional al Croma, ya que  $L = 100$ .

Para estímulos dependientes de claridad **L**, la saturación es igual al croma.

### 1.2.9.8.- Espacio de color Y x y

En el sistema de color Y x y (CIE, 1931), Y es la claridad, el factor expresado como porcentaje basado en una reflectancia perfecta del 100 %, y son las coordenadas de cromaticidad del diagrama de cromaticidad CIE (1931) y estando definidas por las ecuaciones siguientes:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Donde:

X Y Z – Son los valores triestímulos medidos de la muestra.

Los valores de diferencias de color son calculadas por :

$$\Delta Y = y - y_t \quad \Delta x = x - x_t \quad \Delta y = y - y_t$$

Siendo:

Y, x, y: Valores medidos de la muestra

Y<sub>t</sub>, x<sub>t</sub>, y<sub>t</sub>: Valores del color de referencia.

Hay que recordar que Y es la claridad (luminosidad) y x e y son el tono y el croma.

El sistema Yxy, tiene una limitación causada por no ser un espacio visual uniforme; esto se corrige por el uso de simples ecuaciones de transformación que dan por resultado el sistema **L a b**

### 1.2.9.9.- Espacio de color Hunter Lab

El sistema de color Hunter Lab fue desarrollado en 1966 (Hunter, 1967), de modo que la diferencia en los valores medidos sea más próxima al grado de diferencia de color percibido.

$$L = 100 \frac{Y^{1/2}}{Y_0}$$

$$a = 175 \left[ \left( \frac{0,0102 X_0}{Y/Y_0} \right) \right]^{1/2} \left[ \left( \frac{X}{X_0} - \frac{Y}{Y_0} \right) \right]$$

$$b = 70 \left[ \left( \frac{0,08447 Z_0}{(Y/Y_0)} \right) \right]^{1/2} \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right) - \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \right]$$

donde : X, Y, Z : Valores triestímulos, medidas de la muestra, siendo X<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> los valores de la tabla de abajo.

**Tabla 1.6.:** Valores de X<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> en función del iluminante utilizado.

| “Iluminante”       | X <sub>0</sub> | Y <sub>0</sub> | Z <sub>0</sub> |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| “C”                | 98.072         | 100.00         | 118.225        |
| “D <sub>65</sub> ” | 95.045         | 100.00         | 108.892        |

El Iluminante **C** es el utilizado habitualmente en trabajos de color en pomelo y también en otros cítricos (Porrás, 1993; Porrás *et al.*, 1997). Cambios en el color interno y externo en diferentes variedades de pomelo.

Los valores de diferencia de color **L**, **a** y **b** son calculados según las siguientes formulas:



$$\Delta L = L - L_t \quad \Delta a = a - a_t \quad \Delta b = b - b_t$$

Donde:

**L, a, b:** Valores e muestra.

**L<sub>t</sub>, a<sub>t</sub>, b<sub>t</sub> :** valores del color de referencia.

Diferencia de color total  $\Delta E$  también se mide en el sistema de color Lab y se define por la ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

$\Delta L, \Delta a, \Delta b$ : Diferencia entre **L, a y b** de valores de la muestra y el valor del color de referencia.

Para la utilización de un colorímetro determinado en la medida del color en este espacio de color, se utiliza para el blanco de referencia la placa base que viene con el aparato. Así, en este trabajo, se ha utilizado un colorímetro Minolta CR 300, donde la placa base, que para el blanco de referencia tiene, los siguientes valores:

**Tabla 1.7.:** Valores de Y, x, y de la placa base del colorímetro utilizado.

| <b>Iluminante</b>     | <b>Y</b> | <b>x</b> | <b>y</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| <b>C</b>              | 95.2     | 0.3132   | 0.3198   |
| <b>D<sub>65</sub></b> | 95.2     | 0.3158   | 0.3326   |

En este caso, para la toma de datos se ha utilizado el iluminante **C** con los datos del blanco de referencia que se indican en la tabla 1.7.

Los índices de color mas utilizados son el **a/b** y el **Ic** que se indica a continuación. El índice **a/b** es muy utilizado en la literatura sajona (Ting *et al.*, 1980; Cruse *et al.*, 1979; Stein *et al.*, (1986)

**El índice del color Ic**, desarrollado por Jiménez Cuesta *et al.*, (1981) para el espacio de color de HunterLab tiene la fórmula:

$$Ic = a \cdot 1000 / L \cdot b$$

Como puede verse en la fórmula utiliza las tres coordenadas colorimétricas, **a**, **b**, y **L**, previamente calculadas en el espacio de color de HunterLab

El espacio de color HunterLab es muy utilizado en casi todos los estudios de color en cítrico (Ting *et al.*, 1980; Jiménez Cuesta *et al.*, 1981; UHF *et al.*, 1986; Ting y Desyck 1958), aunque recientemente también se ha utilizado en batata (Martí, 2003) Dado que las referencias internacionales de los trabajos en cítricos, utilizan el mencionado espacio de color, lo hemos utilizado también en nuestro trabajo.

### **1.3.- ESPECIES ESTUDIADAS**

#### **1.3.1.- Pomelo**

##### **1.3.1.1.- Principales grupos de variedades**

Las principales variedades de pomelo, con mayor o menor importancia en los distintos países productores del mundo, se pueden clasificar en cuatro grupos (Ortiz *et al.*, 1987; Conesa 1999):

###### 1.3.1.1.1.- Duncan

###### 1.3.1.1.2. Grupo del pomelo Marsh y otros relacionados con él.

Marsh

Thompson (o Pink Marsh).

Redblush.

Burgundy (Burgundy Red).

Shambar.

Rio Red.

Ray Ruby.

Henderson.

Flame.

###### 1.3.1.1.3. Grupo del pomelo Walters y algunos relacionados con él

Walters.

Cecily.

Foster (Foster Pink).

Hudson.

Star Ruby.

#### 1.3.1.1.4.- Otros pomelos e híbridos de pomelo de interés

Triumph.

(*C. natsudaidai* Hay.) Natsudaidai. (Natsumikan, Daidai mikan, pomelo Watson o pomelo japonés de verano).

Poorman (naranja Poorman, pomelo Morrison o pomelo de Nueva Zelanda).

Wheeny.

Chandler.

Chironja.

Oroblanco y Melogold.

#### **1.3.1.2.- Variedades estudiadas**

##### 1.3.1.2.1. Marsh (Marsh seedless)

Parece ser que se originó en una propagación de semillas en 1860 cerca de Lakeland (Florida). Adquirió valor comercial como variedad sin semillas a partir de 1866, en que comenzó a propagarse en unos viveros de Lakeland, que fueron adquiridos posteriormente por C. M. Marsh, de donde recibe el nombre varietal. Es la variedad de pomelo más importante del mundo y ha dado origen a otras variedades muy conocidas como Thompson y Redblush, y otras menos conocidas como Ballard Red y Stanfield Red. Los clones más conocidos son Frost, CES, USDA y Reed. Está también el Marsh seedy, similar al Marsh, pero con semillas (Bono *et al.*, 1985)

Fruto de tamaño medio. Piel muy lisa, de color pálido o amarillo claro. Pulpa crema claro. Con alto contenido en zumo, de buen sabor, aunque menos pronunciado que las variedades con semillas. Sin apenas semillas (2 ó 3 por fruto). Maduración tardía. De gran interés comercial. Planta vigorosa, grande y muy productiva (Porras, 1993).

#### 1.3.1.2.2. Redblush

También conocido como Ruby, Red Marsh o Red Seedless (Bono *et al.*, 1985), y Henninger Ruby Red (Hensz, 1985a). Es una mutación gemaria de Thompson detectada en MacAllen (Texas) en 1929 y patentado en USA en 1934 (primera variedad de cítricos patentada). Es la más importante de las variedades pigmentadas de pomelo. Ha sido origen de nuevas variedades más rojas tales como Río Red, Ray Ruby, Henderson, Longwell, Wilsher y Dittman, todos ellos conocidos a partir de la década de los setenta (Hensz, 1985a).

Fruto de tamaño medio con pigmentación de la pulpa rosada y zumo no pigmentado. Piel con zonas rojizas, particularmente en las zonas de contacto entre los frutos. Sin semillas. De media estación. Se mantiene bien en el árbol, aunque pierde algo de color.

#### 1.3.1.2.3. Shambar

Mutación de Marsh detectada en 1936 en Corona (California). Introducido en 1945 para propagación.

Fruto similar al del Redblush. Piel sin apenas pigmentación. Pulpa de color rosa, con coloración algo más intensa y sabor ligeramente superior al Redblush. Sin semillas. Madura algo antes que Redblush (Bono *et al.*, 1985)

#### 1.3.1.2.4. Río Red

Es una mutación natural de una varetta de Redblush irradiada en 1963 con neutrones térmicos, descubierta en 1976, en Weslaco (Texas) (Hensz, 1985a y b).

De tamaño algo mayor que Redblush y bastante más grande que Star Ruby. Pulpa de color rojo más intenso que Redblush pero menos que Star Ruby. Corteza algo áspera y color intermedio entre el del Redblush y el del Star Ruby. Con menor contenido en zumo que esta última, presenta también unas características organolépticas similares (Anónimo, 1988). Es una variedad muy plantada en Texas (Prewett, 1987) y Florida (Fairchild, 1988; Sauls and Rouse, 1989).

#### 1.3.1.2.5. Ray Ruby

Mutación natural de un árbol de Redblush descubierta en Mission (Texas), en 1970. Árbol muy similar al Redblush en casi todos los aspectos. Los frutos son más coloreados que los de su progenitor, aunque menos que los de Río Red y Star Ruby (Hensz, 1985b).

El fruto es similar al Redblush en casi todos los aspectos, excepto en el color de la piel, que es mucho más intenso y se mantiene a lo largo de la campaña. El color de la pulpa es sin embargo menos intenso que el del Star Ruby, aunque el de la piel se aproxima bastante a partir de diciembre (Hensz, 1978 y 1981; Navarro *et al.*, 1989; Saunt, 1990; Porras 1993; Conesa 1999).

#### 1.3.1.2.6.- Henderson

Mutación natural de un árbol de Redblush, detectada en 1973 en Edinburg (Texas) (Hensz, 1985a). Árbol muy similar al Redblush en casi todos los aspectos. Los frutos presentan un color interno más intenso que los de su progenitor (Maxwell and Rouse, 1980).

#### 1.3.1.2.7.- Star Ruby

Procede de la irradiación de semillas de Hudson tratadas con neutrones térmicos en 1959 en el Laboratorio Nacional de Brookhaven (Nueva York), y enviadas al A. I. University Citrus Center de Weslaco (Texas), donde recibió el nombre varietal (Hensz, 1971).

Fruto de tamaño medio. Piel con áreas de coloración rojiza intensa, más bien delgada. Pulpa de coloración rojo uniforme muy intensa, y que se mantiene con el tiempo sin semillas (Hensz, 1985b; Ting *et al.*, 1980; Porras *et al.*, 2000a).

Se aprecia una cierta heterogeneidad en el desarrollo de los árboles en campo (Porras *et al.*, 2000a). Presenta problemas de cultivo. Es muy sensible, como el Hudson, a los factores que causen decoloración foliar. Más sensible al frío que el Redblush (Fucik *et al.*, 1988).

Es la variedad que tiene en España actualmente más interés (Porras y García Lidon 2003).

### **1.3.2.- Variedades de limonero**

#### **1.3.2.1. Variedades de limonero en el mundo**

El número de variedades de limonero cultivadas en el mundo es bastante reducido en comparación con naranjos o mandarinos; además muchas variedades locales de distintos países son muy parecidas. En este apartado estudiamos las variedades que se utilizan en este trabajo.

#### **1.3.2.2. Descripción de las principales variedades**

##### **1.3.2.2.1.- Eureka**

Fue obtenida en Los Angeles, California en el año 1838, de una siembra de semillas de frutos, tal vez de la variedad Lunario (Russo, 1955) procedentes de Italia. Varios años más tarde, hacia 1877, Andrew Boyle y C.R. Workman adquirieron algunas de estas plantas y seleccionaron algunos tipos interesantes. Workman dio unas varetas de una de estas plantas a Thomas A. Garey, que era el mayor viveristas de Los Angeles y le introdujo y propagó con el nombre de Garey's Eureka (Butterfield, 1963).

Es la variedad más importante de California (alrededor del 75 por 100 del total de las plantaciones) y la primera variedad del mundo, se cultiva en California, Australia, Sudáfrica, Argentina e Israel (Saunt, 1992). Es refrlorecente, con mayor o menor intensidad según la climatología del lugar en donde se encuentra.

El fruto es de tamaño mediano, de forma elíptica u oblonga, a veces ovoide, ordinariamente con cuello pequeño en la base, mamelón apical delgado y de longitud variable, frecuentemente circundado por surco areolar. El número de semillas es variable con los clones y condiciones de cultivo y ambientales. El color del fruto es amarillo en la madurez. Corteza adherente de espesor medio y de superficie finamente punteada, ligeramente rugosa, con glándulas esenciales hundidas. Gajos alrededor de

10, eje central pequeño y normalmente sólido, pulpa de color verde amarillento, tierna y jugosa, sabor muy ácido. Producción distribuida a lo largo de todo el año, pero principalmente al final de invierno, primavera y principios de verano (García Lidón, 2003).

Árbol de vigor y tamaño medio, porte extendido y abierto, poco espinoso, de vegetación más pobre que el Lisbon. Muy productivo y con tendencia a fructificar al final de largas ramas, muy precoz. El árbol es sensible al frío, al *Prays citri* Mill, y al ácaro de las maravillas (*Aceria sheldoni* Ewing) (Beltrán, 1983). Exigente en cuidados culturales. Poco longevo.

#### 1.3.2.2.2.- Lisbon

Parece ser de origen portugués, derivado tal vez de unas plantas de semilla del limón Gallego. Selecciones de esta variedad existentes en Argelia, Marruecos y Portugal son difíciles de distinguir del limonero Lisbon.

Las primeras referencias de Lisbon en California aparecen en 1853, en un catálogo de Warren and Sons Nursery y Garden en Sacramento. En 1843 está en la lista de variedades de un vivero de Nonantum Vale cerca de Boston (Butterfield, 1963). Esta variedad fue introducida con anterioridad en Australia, alrededor del año 1824 (Bowman, 1955).

El gran vigor, la rusticidad y la alta productividad de Lisbon, hacen que sea una de las variedades más populares. Eureka es el único rival de Lisbon sobre todo cuando se trata de zonas costeras. Debido a su mayor producción está desplazando al Eureka en California (Davies y Albrigo, 1999).

El fruto es de tamaño medio, elíptico u oblongo, base con un ligero cuello, ápice más apuntado que en el Eureka y de una forma más gradual, más liso y menos acostillado que Eureka, el mamelón y el surco areolar más prominente y de forma irregular, normalmente asurcado en uno de los lados. El número de semillas es variable, pero normalmente más que el Eureka. Fruto de color amarillo en la madurez. Corteza de espesor medio superficie finamente punteada, poco rugosa y muy adherente. Número de gajos 10, eje central pequeño y sólido. Pulpa color pálido-verdoso-amarillento, de fina



granulometría, tierna y jugosa, sabor muy ácido. Recolecciones principalmente en invierno y comienzo de primavera.

Árbol vigoroso, con marcada tendencia a la verticalidad, espinoso, densamente foliado y productivo. Es una de las variedades más vigorosas y más resistentes a las condiciones climáticas adversas, frío o calor, vientos fuertes, etc. Poco exigente en cuidados culturales (García Lidón *et al.*, 2003).

#### 1.3.2.2.3.- Fino

Probablemente deriva de limones tipo Comunes procedentes de la Vega Alta del Segura (García Lidón y Ortiz, 1983)

Es la primera variedad en importancia en España (García Lidón *et al.*, 2003). Florece con intensidad una sola vez al año, normalmente entre la primera decena de abril y primeros de mayo. Vemos pues que se inicia la floración después que la del limonero Verna y durante un periodo más reducido. Aunque también existe una segunda floración de verano (redrojos), ésta es muy escasa. Los frutos de esta floración son mucho más gruesos que los de cosecha normal (García Lidón, 2003)

La recolección de frutos de cosecha se inicia a primeros de octubre y se prolonga hasta el mes de febrero. Los primeros frutos alcanzan altas cotizaciones en los mercados internacionales debido a la falta de producción en estas fechas en los países competidores, de ahí el interés de obtener producciones precoces de esta variedad. Debido a tener una floración más corta que la variedad Verna es menos propensa a los ataques de *Prays citri* Mill. Las plantaciones en general no presentan problemas de producción.

Las hojas son más largas y anchas que las del limonero Verna. Los frutos están mejor conformados en general que los del Verna. Tienen la piel más lisa y fina. Su forma varia de esférica a ovalada (alargada) y su mamelón es puntiagudo y pequeño. En la inserción del fruto al pedúnculo, la base no presenta cuello. El tamaño del fruto es mediano. La corteza es delgada. El número de gajos varía de 8 a 12 y sus paredes son muy delgadas. La pulpa, de color amarillo pálido es muy jugosa. La acidez del zumo es muy elevada. Tiene mayor número de semillas que el Verna. Debido a su alto contenido en zumo y elevada acidez, esta variedad es muy apreciada para la industria de los

derivados de agrios. El fruto tiene menor conservación en el árbol que el Verna y es menos resistente al transporte, lo que ha motivado una menor extensión de cultivo que el Verna. Sin embargo, la modernización de los sistemas frigoríficos, manipulación y transporte está haciendo que esta variedad tenga cada vez mayor demanda en el mercado, por lo que su superficie cultivada está tendiendo un continuo aumento.

El árbol es de mediano a grande, algo más vigoroso que el Verna. Muy propenso a la producción de brotes fuertes con espinas robustas y muy productivo (García Lidón, 2003), adaptándose a diversas áreas de cultivo (Wright *et al.*, 2000). Aunque es más sensible al frío que el Verna, se recupera más rápidamente del daño de heladas. En general es un árbol muy rústico que resiste la humedad y la clorosis más que el Verna. Injertado sobre naranjo amargo no presenta problemas de formación de miriñaque (García Lidón *et al.*, 2003).

El departamento de Citricultura del IMIDA, ha realizado una selección clonal de la variedad Fino; Fino 46, Fino 47, Fino 48, Fino 49 y Fino 77 (García Lidón, 2003). De ellos destaca el Fino 49 que es el más comercializado por los viveros autorizados de cítricos.

#### **1.4.- PATRONES DE POMELO Y LIMONERO**

##### **1.4.1.- Interacción injerto / patrón**

Cuando dos plantas se unen por injerto, se crea una nueva planta, en la que cada uno de sus componentes conserva sus características propias, coadyuvando a la vida del conjunto; se establece una especie de simbiosis en la que cada una de las partes integrantes influye más o menos en las funciones y desarrollo de la otra; esta influencia del patrón sobre el injerto, como la del injerto sobre el patrón, es de características análogas -y puede ser asimilada- a las reacciones que provocan las condiciones del medio ambiente, y afectan normalmente con variaciones de carácter cuantitativo a las siguientes características: tamaño y forma de los frutos, longevidad de la planta, color y contenido en componentes bioquímicos del fruto, etc.

Si bien todas las especies del género *Citrus* pueden injertarse unas en otras con resultados satisfactorios desde un punto de vista botánico, no ocurre lo mismo desde un punto de vista práctico ó comercial (González-Sicilia, 1960).

La selección de los diversos patrones, para conseguir la mejor adaptación a las características particulares de cada una de las zonas citrícolas del mundo ha costado gran esfuerzo y a veces grandes pérdidas económicas por no usar el patrón adecuado. A lo largo del tiempo, debido a los problemas de su citricultura, cada país ha establecido sus plantaciones sobre un patrón predominante. Así, mientras en Japón se emplea principalmente el *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. en Brasil predomina la lima Rangpur (*Citrus limonia* Osbeck) (Cohen, 1970), y en Sudáfrica el limón rugoso (*C. jambhiri* Lush) (Forner, 1985), al igual que en la India (Dass, 1990).

Varias son las razones que justifican la multiplicación por injerto de las variedades comerciales de agrios, pudiéndose destacar, entre otras, las siguientes:

- a) Se puede aplicar a todas las variedades, de forma fácil y económica.
- b) Seleccionando adecuadamente el patrón se puede cultivar cualquier variedad en condiciones edafológicas adversas (altos niveles de caliza, niveles elevados de salinidad, etc.).
- c) Mediante la utilización de un patrón adecuado se pueden obtener árboles con una mayor resistencia a determinados patógenos (*Phytophthora* ssp., *Armillaria mellea*, etc.).

#### **1.4.2. Patrones más utilizados en el mundo**

La utilización de patrones para el cultivo de los agrios se remonta en nuestro país, al menos, a la segunda mitad del siglo XVIII. En aquel tiempo, los patrones utilizados eran el cidro o poncilero (*Citrus medica* L.) y el limonero (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) y se multiplicaban mediante enraizamiento de estacas. También se cultivaban numerosos naranjos procedentes de semillas sin injertar (Forner y Pina, 1992). Este tipo de árboles, resultan muy sensibles a hongos del género *Phytophthora*, que provocan la podredumbre de la corteza, generalmente en la base del tronco, con abundantes exudaciones gomosas. Por ello, conforme se fue extendiendo el cultivo, se hizo necesario buscar otros patrones con mayor resistencia a *Phytophthora* sp. Las excelentes cualidades del naranjo amargo (*Citrus aurantium* (L.)) solucionaron los problemas planteados entonces, y explican la difusión masiva que llegó a adquirir, tanto en nuestro

país como en otras zonas productoras, llegando a alcanzar el 95% en la cuenca mediterránea (Loussert, 1992).

Cuando se detectó la tristeza en España hacia 1957, más del 95% de las plantaciones de agrios en España estaban injertadas sobre este patrón. En algunas áreas muy concretas se utilizaban también como patrones el mandarino común (*Citrus reticulata* Blanco) y el naranjo dulce (*Citrus sinensis* L. Osbeck), ambos tolerantes a la tristeza. Actualmente, los patrones tolerantes más utilizados en nuestro país, son los citrange Troyer y Carrizo y el mandarino Cleopatra.

Normalmente el cambio de patrón en un área concreta es un proceso lento. No obstante, determinadas circunstancias pueden forzar a que se realice este cambio con mayor rapidez, éste es el caso de Brasil en el que se utilizaba masivamente el naranjo amargo como patrón y la rápida difusión de la tristeza ha llevado a su abandono y al uso de la lima Rangpur. En Israel, la aparición de la enfermedad ha llevado a la sustitución paulatina del naranjo amargo por otros patrones principalmente citrange Troyer y Carrizo y *C. volkameriana* (Shaked, 1990).

### **1.4.3. Influencia del patrón sobre la variedad injertada**

Las influencias que ejerce el patrón sobre la variedad injertada son numerosas y bien conocidas en muchos casos. Precisamente, la valoración agronómica de un patrón se basa, en gran parte, en las características que induce sobre las diferentes variedades injertadas.

Los principales efectos del patrón sobre aspectos vegetativos y productivos de la variedad son: vigor, productividad y calidad de la fruta, así como el contenido en sólidos disueltos y la acidez del zumo. El patrón también influye sobre la variedad injertada en otros muchos aspectos, tales como la composición mineral de las hojas y frutos, espesor de corteza del fruto, etc.

### 1.4.3.1. Vigor

Los patrones de agrios conocidos actualmente en el mundo poseen diferencias claras de vigor, aunque no son tan notables como las que se presentan en otras especies frutales (peral o manzano, por ejemplo).

Como patrones muy vigorosos, cabe destacar el limón rugoso (Anderson and Betañena, 1996), el *Citrus volkameriana* Pasquale y el *Citrus macrophylla*; como bastante vigorosos el naranjo dulce, la lima Rangpur, la limeta dulce de Palestina (*Citrus limettioides* Tan) y el citrumelo Swingle CPB 4475 (*Citrus paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.); como portainjertos estándar: el naranjo amargo, los citrange Troyer y Carrizo y el mandarino Cleopatra; poco vigorosos los citranges Rusk y Cunningham y como enanizantes el más difundido es el Flying dragon (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) (Russo, 1985).

Actualmente se han obtenido en el IVIA de Valencia una serie de portainjertos enanizantes (Forner-Alcaide nº 5, 7, 18 y 24) que podrían tener interés en limonero para reducir marcos de plantación. Los resultados en naranjas y clementinas son en algunos casos muy buenos, pero no hay información respecto a su utilización en limonero (Forner, 1995 y 1996).

### 1.4.3.2.- Productividad

La densidad de producción, es decir, la producción por unidad de volumen de copa de una variedad, está condicionada sensiblemente por el patrón.

El *C. macrophylla* y el *C. volkameriana*, inducen muy elevadas producciones (Husak *et al.*, 1988). Así mismo tienen una rápida entrada en producción, y marcada precocidad de sus frutos, aspectos ambos de gran importancia económica.

### 1.4.3.3.- Calidad de fruta

Los principales parámetros que determinan la calidad de la fruta, como son el contenido en zumo, acidez y sólidos disueltos, dependen además de la variedad ó el clon, del patrón utilizado. Así, el *P. trifoliata* y sus híbridos suelen inducir calidades óptimas; mientras que el limón rugoso y el *C. macrophylla* pueden rebajar dichas calidades hasta el

extremo de que, en muchos casos, los frutos producidos quedan insípidos (Forner, 1984). Por su influencia sobre los sólidos disueltos y sobre la acidez del fruto, el patrón influye en el índice de madurez.

#### **1.4.4. Características de los portainjertos usados para pomelo y limonero**

En España los dos patrones que casi exclusivamente se utilizan para limonero son el naranjo amargo y el *Citrus macrophylla*, y en muy pequeña cantidad y fundamentalmente para usos ornamentales el *Citrus volkameriana*.

El número de plántones de limonero producidos por los Viveros Autorizados de la Región de Murcia en los últimos 10 años supera el millón y medio de plantas, de los que casi la totalidad de ellos están en pie de *C. macrophylla* (Porrás *et al.*, 2001b). El número de plántones de pomelo comercializados anualmente es muy pequeño, siendo los patrones más utilizados el mandarino Cleopatra y el citrange Carrizo.

##### **1.4.4.1.- Naranjo amargo**

Durante muchos años el naranjo amargo ha sido un patrón ampliamente utilizado en numerosos países, y es todavía la especie que domina en la cuenca mediterránea (Russo, 1985) y en diversos países de Centroamérica.

La masiva utilización de este patrón se basa en las buenas características agronómicas que presenta, tales como buena resistencia a la gomosis, poca tendencia a la clorosis férrica (Cooper and Olson, 1951; Maxwell and Wutcher, 1976), muy compatible con las diversas especies comerciales, buena productividad y calidad de la fruta. De fácil multiplicación en vivero y bastante homogeneidad de las plantas jóvenes a pesar del grado reducido de poliembrionía de sus semillas. En la actualidad no se utiliza en nuevas plantaciones de pomelo debido a su gran sensibilidad a la tristeza, aunque si se hace masivamente en la combinación con el limonero.

En pomelo la productividad del árbol sobre este patrón es a veces baja (Timmer, 1979). En general es superior en mandarino Cleopatra, pero inferior en citrange Troyer (Wutscher *et al.*, 1975; Shaked 1990).

Durante muchos años el naranjo amargo ha sido un patrón ampliamente utilizado en numerosos países (Davies and Albrigo, 1999), y es todavía la especie que domina en la Cuenca Mediterránea (Russo, 1985) y en algunos otros países como Cuba.

Tiene poca tendencia a la clorosis férrica (Cooper and Olsar, 1951; Maxwell and Wutscher, 1976).

#### **1.4.4.2.- *Citrus macrophylla***

Presenta buena afinidad con limonero, induce rápida entrada en producción, es muy productivo y da lugar a frutos de gran calibre, por lo que se puede adelantar la recolección en el caso de limonero Fino (García Lidón 2003), pero es un inconveniente en limonero Verna. Su combinación con limonero es tolerante a la tristeza, pero puede ser sensible si el patrón emite rebrotes o sierpes ó si el limonero se reinjerta de naranjo, mandarino o pomelo. En algunos clones de limonero Eureka y Lisbon injertados en *C. macrophylla* se desarrolla un desorden denominado necrosis de vasos en el floema del limonero (Allen *et al.*, 1977; Schneider *et al.*, 1978; Schneider y Sakovich, 1984); esta necrosis ha sido detectada también en España en limonero Lisbon, pero no en Eureka (Ortuño *et al.*, 1996). Aguanta muy bien la caliza y la salinidad pero es sensible al frío y poco resistente a la asfixia radicular. Excelente para climas cálidos y secos (Davies and Albrigo, 1999). Su eficiencia productiva es muy grande (Continella *et al.*, 1988).

#### **1.4.4.3.- Mandarino Cleopatra**

Es tolerante a tristeza, exocortis y psoriasis escamosa; aunque su tolerancia a xyloporosis ha sido cuestionada en ocasiones, los estudios realizados en plantaciones españolas lo revelan como poco tolerante a esta virosis. Es menos resistente a *Phytophthora* spp. que el citrange Troyer (Forner, 1985; Foguet *et al.*, 1987), pero se recupera bien después de los tratamientos (Foguet *et al.*, 1977), si bien otros autores le dan como susceptible (Rouse, 1985; Reforgiato, *et al.*, 1983). Muy resistente a la salinidad, presentando también buena resistencia a la clorosis férrica y por el contrario es sensible a la asfixia radicular. Su resistencia al frío es similar al naranjo amargo (Hearn *et al.*, 1962).

Un inconveniente de este patrón es el comportamiento irregular e imprevisible, que en numerosos casos da lugar a un desarrollo deficiente, sobre todo durante los primeros años de vida de la planta. Aunque el establecimiento de la plantación con mandarina Cleopatra es más difícil que con otros patrones, una vez establecido da buenos resultados (Pelosi and Cohen, 1986).

Suele ir bien en terrenos de tipo franco o suelto. Suele dar buena calidad cuando se le injerta naranja dulce, mandarina o pomelo, dando también buena productividad a partir del 6º ó 7º año, pero siendo el tamaño de los frutos algo inferior al producido sobre otros patrones. (González-Sicilia, 1960; Cohen and Reitz, 1963; Economides, 1977; Levy and Mendel, 1982; Forner, 1985; Russo, 1985; Foguet *et al.*, 1987; Levy *et al.*, 1993). Para pomelo Marsh en suelos salinos se obtienen buenas producciones (Shaked, 1990).

## **1.5.- LA COLORACION EN LOS FRUTOS DE LOS CITRICOS**

### **1.5.1.- Introducción**

El color de los productos hortofrutícolas, en general (Monessatti, 2000) y de la corteza y del zumo de los frutos cítricos en particular son atributos de calidad de gran importancia, y constituyen factores decisivos en la adquisición de los mismos por los consumidores.

En la comercialización de los frutos para su consumo en fresco, generalmente se relaciona el color externo con su calidad interna, aunque el color de la corteza es independiente del grado de madurez del endocarpio.

El color de los cítricos admitido normalmente en el comercio, es distinto según las especies y las variedades. En las mandarinas y naranjas varía del amarillo naranja al naranja rojizo; en las naranjas sangre; la corteza tiene zonas con coloración rojiza; en los limones el color es amarillo; en los pomelos, la coloración es amarilla, rosada o rojiza; las limas son los únicos cítricos que se comercializan con coloración verdosa (Casas y Mallent, 1988 a).



### **15.2.- Los carotenoides como responsables del color de los frutos en los cítricos**

El atractivo color externo de los frutos cítricos se debe a los carotenoides presentes en la corteza. Cuando están verdes, el color se debe a la clorofila. Aunque los cítricos contienen, en la corteza y en el zumo, flavonoides de color amarillo, estos compuestos contribuyen muy poco al color de los mismos. Sólo en el caso de las naranjas sanguinas su coloración rojiza es proporcionada por los antocianos que contienen.

Los carotenoides son pigmentos solubles en grasas y disolventes orgánicos. Se encuentran en los plastidios del flavedo y en las vesículas del zumo y constituyen una mezcla muy compleja. En la bibliografía se citan más de 100 compuestos carotenoides como componentes de los cítricos. Kefford y Chandler (1970), Gross (1977) y Stewart (1980) han hecho unas excelentes revisiones de la composición en carotenoides de las distintas especies y variedades de cítricos cultivados en diferentes países. Con respecto a los cítricos españoles, sólo se conocen los carotenoides de los pomelos Marsh que han sido estudiados por Romojaro *et al.*, (1979) y por Banet *et al.*, (1981).

Stewart y Wheaton (1973) dan una relación de 110 carotenoides identificados en cítricos hasta 1971. Con posterioridad, se han aislado e identificado numerosos por diferentes autores (Gross *et al.*, 1975; Leuenberger y Stewart 1976 a y b; Molnar y Szabolcs 1980).

Los carotenoides son más abundantes en la corteza de los frutos que en el zumo. Aproximadamente el 70 % de los carotenoides del fruto se encuentran en el flavedo. En los cítricos coexisten los carotenoides hidrocarburos, (carotenos) y los carotenoides oxigenados (xantofilas). Las xantofilas se encuentran esterificadas con ácidos grasos.

Los principales carotenoides de los frutos cítricos son:  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ - y  $\beta$ -criptoxantina, luteína, anteraxantina, zeaxantina, violaxantina,  $\beta$ -citraurina y  $\beta$ -apo-8'-carotenal. El licopeno está presente también en las variedades rojizas de pomelo(Hensz. 1985b).

Los carotenoides tienen distintas coloraciones. La violaxantina, que generalmente se encuentra en gran proporción en los cítricos, es de color amarillo; la

criptoxantina y el  $\beta$ -caroteno son de color naranja; la  $\beta$ -citaurina es el carotenoide que imparte la coloración naranja rojiza a algunas variedades, mientras que el licopeno, como es bien sabido, es de color rojo. De la proporción de cada uno de los carotenoides y de su distribución en los tejidos depende la coloración externa de los frutos (Casas y Mallent, 1988 b).

Las xantofilas constituyen el 70 % de los carotenoides presentes en la corteza de los cítricos. Los carotenoides de la corteza son distintos d los del pomelo. Una diferencia característica entre los carotenoides la corteza y los del zumo (Stewart 1980), es que en el zumo no se encuentran carotenoides de 30 átomos de carbono.

Los carotenoides, además de dar color a los zumos cítricos, tiene también importancia desde el punto de vista nutritivo por la actividad de provitamina A que poseen algunos de ellos. Tienen carácter de provitamina A aquellos carotenoides que tiene al menos un anillo de  $\beta$ -ionona no sustituidos, en uno de los extremos de su molécula, y después de su ingestión por los animales, son transformados en vitamina A, generalmente en la mucosa intestinal, por la acción de enzimas que existen en la misma (Pennisi, 1985).

Los contenidos de  $\beta$  carotenos a lo largo de la maduración de pomelos rosas aumenta, pasando de 0,5mg/100gr al principio de la estación (septiembre) a 1,4mg/100gr cuando están maduros (febrero) (Ting and Deszyk, 1957). Los licopenos disminuyen según estos autores a lo largo del tiempo llegando a resultados similares también Purcell (1959).

### **1.5.3. Variación del color en los frutos durante su desarrollo y maduración**

Durante la fase inicial del desarrollo de los frutos en el árbol, que comprende la parte última del periodo II (expansión de las células) y el período III (maduración) de Bain (1958), hay un cambio drástico del color de la corteza, que pasa del verde al amarillo o naranja característico de la variedad del limón, pomelo, naranja o mandarina de que se trate. En el caso de las naranjas sangre, al color rojizo, y en el de algunas variedades de pomelo, al rosa o también rojizo. Durante esta fase hay una transformación de cloroplastos, con carotenoides y clorofila, en cromoplastos con solo carotenoides.

El color externo de los frutos cítricos, así como el del endocarpio o del zumo, se puede medir subjetivamente por comparación visual con patrones de referencia (Munsell, 1966; Yamazaki y Siperó Suzuki 1980 citado por Casas y Mallent, 1988 b), u objetivamente por métodos físicos, haciendo uso de aparatos desarrollados para tal fin (Hunter, 1958 y 1967)

Es frecuente expresarlo, tal como hemos indicado en el capítulo de física del color, como el cociente  $a/b$  de los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $L$ , medidos con el colorímetro en el espacio de color HunterLab, que tiene una buena correlación con la apreciación visual del color de los frutos de pomelo (Stewart y Wheaton, 1971), y en naranjos.

**Figura 1.12.:** Esquema general del proceso de maduración externa de los frutos cítricos.



La representación gráfica de la evolución del color en los cítricos con el tiempo, en función del cociente  $a/b$  e  $Ic$ , corresponde a una curva sigmoideal (Casas y Mallent, 1985; Pons, 1995; Porras, 1993; Porras *et al.*, 1999).

Los cambios de color que experimenta la corteza de los frutos cítricos se explican perfectamente por la variación de los contenidos en clorofila y carotenoides. Tal como indica Casas y Mallent (1985), en el caso de la naranja Navelina, cuando los frutos son verdes hay una pequeña cantidad de carotenoides que disminuye al mismo tiempo que se produce un gran descenso en el contenido en clorofila. A partir del momento del viraje hay una gran síntesis de carotenoides que tiene como consecuencia la rápida variación del color. En la fase final de la maduración de los frutos, aun cuando

la variación del color externo es relativamente pequeña, el contenido en carotenoides aumenta sensiblemente (Casas y Mallent, 1985). Este hecho fue puesto de manifiesto por Eilati *et al.*, (1969) en naranjas Shamouti y se ha confirmado en otras variedades. El que sea pequeña la variación en el color externo se justifica por acumulación de carotenoides en las capas más profundas del flavedo, con lo que contribuyen muy poco a la coloración externa de los frutos.

Aun cuando, en general, el color de los frutos cítricos evoluciona favorablemente durante el desarrollo y maduración de los mismos, las naranjas Valencia, en determinadas ocasiones, y los pomelos de coloraciones rosa o rojiza, con pocas excepciones, experimentan modificaciones, como el reverdecimiento en algunas zonas de la corteza de los frutos, que afectan negativamente a su calidad.

Los pomelos de colores rosa o rojizo experimentan en el transcurso de la maduración una disminución del color que hace que su calidad disminuya extraordinariamente, pues en ellos se valora muy positivamente la coloración de su corteza, y más aún la de su endocarpio.

La modificación del color en pomelos rojizos se debe, principalmente, a una disminución de contenido en licopeno, pues el  $\beta$ -caroteno, el otro carotenoide en mayor proporción en los pomelos, aumenta al principio de la maduración y después se mantienen prácticamente constante (Ting and Deszyck, 1957). La alteración del color que experimentan los pomelos Redblush puede disminuirse (Davies, 1986) mediante el tratamiento de los árboles con ácido giberélico. El cultivo de pomelos sobre árboles con determinadas maderas intermedias también puede contribuir, según Issa y Mielke (1980), a disminuir la pérdida de color durante el desarrollo y maduración de los frutos. Huff *et al.*, (1986) han podido comprobar que si se mantienen en el árbol los pomelos Redblush para una recolección tardía, se produce una recuperación de color de la corteza y de la pulpa, que aumenta con el riego y aportes de nitrógeno (Huff *et al.*, 1981). Es de destacar que los contenidos en licopeno de la corteza y de la pulpa de los frutos recolectados en el mes de junio son considerablemente superiores a los de diciembre (72 % corteza y 18 % pulpa) y marzo (84 % corteza y 63 % pulpa) (Huff *et al.*, 1986).

### **1.5.4.- Evolución del color en diferentes especies**

#### **1.5.4.1.- En variedades de pomelo**

La variación del color de las diferentes variedades del pomelo tanto en la coloración interna como la externa depende, como se ha mencionado de la época de maduración. En una experiencia (Conesa 1999; Porras *et al.*, 1999) realizada en la finca del IMIDA en La Alberca, (Murcia), durante cuatro años se estudió la evolución del color externo e interno de los frutos, con un colorímetro de reflexión, en las variedades de pomelo: Marsh, Redblush, Shambar, Star Ruby, Río Red, Ray Ruby y Henderson, injertadas sobre mandarino Cleopatra).

Respecto a la evolución en el color externo de los frutos, se observó claramente tres grandes grupos diferentes: Los pomelos rojos, rosas y los blancos. Los rojos (Star Ruby y Río Red), los rosados (Redblush, Shambar y Henderson), los blancos (Marsh), y también una variedad intermedia la Ray Ruby, que está entre los rosas y los rojos.

En estas variedades los valores máximos de decoloración se alcanzaron en el mes de enero. Las variedades Río Red y Star Ruby fueron las más coloreadas seguido de Ray Ruby, el resto de las variedades la coloración fue más similar y más baja.

En el grupo de los pomelos rosas y blancos, el índice de color da valores próximos a cero, a mediados de diciembre, la variedad Ray Ruby se comportó como intermedia, las mejores coloraciones se obtuvieron en los meses de diciembre y enero.

Respecto a la evolución del color interno del fruto el valor más alto lo tuvo Star Ruby, seguido de Río Red y después Ray Ruby, que se correspondió con las variedades llamadas rojas. En las otras variedades rosas: Henderson, Shambar y Redblush la coloración fue menos intensa con valores similares entre sí. Marsh, de pulpa blanca, es la de menor color. A partir de octubre la coloración interna disminuyó en todas las variedades pigmentadas (Porras *et al.*, 1999).

#### **1.5.4.2.- En variedades de limonero**

Los frutos del limonero a principio de la campaña son de color verde, y con las bajas temperaturas que se dan por las noches, en la zona citrícola de la región de Murcia a mediados de noviembre, se produce un salto térmico entre el día y la noche, que es el

responsable de la degradación de las clorofilas presentes en la corteza, adquiriendo su coloración amarilla característica. Las variedades de limonero pueden distinguirse por sus hojas, porte del árbol, frutos, etc. (García Lidón *et al.*, 1988). Así como en pomelo sí se ha conseguido diferenciar diferentes variedades visualmente (Porrás *et al.*, 2000a), de manera análoga se intentó realizarlo en limonero con un panel de 10 expertos, intentando clasificar de mayor a menor la coloración externa e interna de los frutos, no consiguiendo el observador medio, apreciar diferencias en la coloración de ellos una vez alcanzado su color natural en diciembre (Porrás *et al.*, 2000a).

### **1.5.5.- Factores que influyen en la intensidad de coloración de los frutos**

Son numerosas las investigaciones realizadas sobre los distintos factores que afectan al color externo de los frutos: en cambio, son escasos los conocimientos que se poseen sobre los factores que influyen en el color interno de los mismos.

A continuación se resume la información disponible sobre la influencia de distintos factores sobre el color de la corteza y el endocarpio de los frutos cítricos.

#### **1.5.5.1.- Influencia de la especie y de la variedad**

Es bien conocida la diferente coloración de las distintas especies de cítricos. Las mandarinas y las naranjas tienen coloraciones anaranjadas, con tonalidades rojizas en las denominadas naranjas sanguinas; los limones y pomelos son amarillos, pero también entre los últimos hay algunas variedades rojizas muy estimadas finalmente, están las limas, en las que, al contrario que en las otras especies, son las tonalidades verdes las más apreciadas en el comercio.

La diversidad de coloraciones en los frutos cítricos es consecuencia de las complejas mezclas que se pueden formar con los pigmentos normalmente presentes en estos frutos. Las diferentes coloraciones no se deben exclusivamente a diferencias cuantitativas en el contenido en carotenoides totales. Se deben, en gran parte, a diferencias en el contenido en determinados carotenoides de los que constituyen la mezcla. Las diferencias de color son también debidas a una distinta disposición de los plastidios, que contienen los carotenoides, en los tejidos del fruto. Al considerar el caso de los limones y de los pomelos, su coloración amarilla se debe, además de a la baja

concentración de carotenoides totales, a la presencia de los carotenoides incoloros, fitoeno y fitoflueno. Así, por ejemplo, en los limones Eureka (Yokoyama y Vandercook, 1967), cuando los frutos están maduros, el 22 % de los carotenoides de la pulpa y el 18 % de la corteza corresponden a fitoflueno, mientras que en los pomelos Marsh Seedless, el fitoeno y el fitoflueno suponen el 45,6 y el 16,2 %, respectivamente de los carotenoides de flavedo, y el 68,3 y el 12,7 % de la pulpa (Romojaro *et al.*, 1979).

La influencia de la variedad en el color de los frutos cítricos según Ting y Deszyck (1958) va descendiendo (el color Hunter a/b), a lo largo de los meses, el color del endocarpio de los pomelos rojizos Ruby Red y de los rosados Thompson Pink durante su maduración. Las variaciones en las mismas fechas de los contenidos en licopeno y  $\beta$ -caroteno, según los mismos autores, que son los principales carotenoides en dichos pomelos, se observó que aunque el color de ambas variedades disminuía como consecuencia de los descensos en los contenidos en licopeno, el color de los pomelos Ruby Red era siempre más intenso que el de los Thompson Pink debido al mayor contenido en licopeno.

#### **1.5.5.2.- Influencia de la temperatura**

La coloración de la corteza de los frutos cítricos es estimulada por las bajas temperaturas ambientales durante el período de maduración favoreciendo el proceso de formación de pigmentos carotenoides y antocianos (Spina y Russo, 1985). Es por esta causa que los cítricos cultivados en los climas tropicales adolecen de la falta de color debido a que durante la fase final de su desarrollo no han estado expuestos a bajas temperaturas.

En las experiencias realizadas en Florida con naranjas Hamlin, Parson Brown y Pineapple por Stearns and Young (1942), sobre la relación de las condiciones climáticas con el color de la corteza de los frutos, se llega a la conclusión de que el viraje del color no se produce hasta que no se alcanzan temperaturas mínimas inferiores a 12,8 °C. La rapidez con que se alcanza la coloración máxima de los frutos depende de la severidad de los descensos de temperatura, así como de los períodos de tiempo en que persisten temperaturas por debajo de 12,8 °C. En el caso de pomelos de las variedades Marsh Seedless y Duncan, el desarrollo del color es gradual desde el otoño al invierno. Según

los citados autores, las temperaturas inferiores a 12,8 °C no tienen ningún efecto estimulante sobre el desarrollo del color de dichas variedades de pomelo.

En las condiciones climáticas de la zona citrícola española, los frutos, incluso de las variedades tempranas no alcanzan el color típico de la variedad hasta finales de noviembre y por ello se emplea la desverdización artificial, mediante el tratamiento con etileno, en atmósferas con temperatura y humedad controladas. (Salas *et al.*, 1988). Aunque esta técnica es muy común y de gran utilidad en el sector citrícola, puede provocar cuando se aplica mal, el desarrollo de alteraciones fisiológicas y patológicas.

De acuerdo con Eilati *et al.*, (1969), el inicio de la coloración de la corteza con las bajas temperaturas podría atribuirse a que el descenso de la temperatura inhibe la traslocación de ácido giberélico desde las raíces, cuya presencia en la corteza es sabido que retrasa la coloración de los frutos cítricos.

El efecto de la temperatura sobre los pigmentos de los pomelos Redblush, caracterizados por la coloración rojiza del endocarpio debida al licopeno que contiene, ha sido estudiada por Meredith and Young (1969). Concluyen de sus investigaciones que la acumulación de licopeno en el endocarpio parece ser dependiente de la temperatura, pues comprueban que el contenido en licopeno de los frutos mantenidos a 34,9/29,4 °C (34,9 °C durante el día y 29,4 °C durante la noche) es mayor que el de los expuestos a 15/4,4 °C. A esta última combinación de temperaturas, la síntesis de licopeno es inhibida o retardada. Reuther and Ríos Castaño (1969) en sus investigaciones sobre la influencia del clima en la composición de los frutos cítricos, también comprueban que el contenido en licopeno de los pomelos con pigmentación rojiza cultivados en climas cálidos es mayor que el de los frutos de climas relativamente fríos, y esta circunstancia deberá ser tenida en cuenta para obtener buena coloración con la localización de las nuevas plantaciones de pomelos de las variedades rojizas que se intentan promocionar en nuestro país. Hay que hacer constar también que temperaturas altas, por encima de 35 °C, pueden inhibir la síntesis de licopeno (Meredith and Young, 1971) ya que este se sintetiza en la hoja y a partir de esta temperatura suele perderse la actividad fotosintética.

En el caso del pomelo, en un estudio preliminar parece haber correlación entre el salto térmico de julio a noviembre con la corteza del pomelo Star Ruby (Conesa 1999).



### 1.5.5.3.- Influencia de la posición del fruto en el árbol

En numerosas especies arbóreas, la coloración que los frutos adquieren durante la maduración depende de su posición en el árbol. En cítricos las diferentes condiciones ambientales, principalmente temperatura e intensidad de luz afectan al color tanto interno como externo (Stewart, 1975; Iwagaki, 1981).

La diferencia de coloración del fruto de pomelo, tanto interna como externa, varía en función de su colocación en el interior o exterior del árbol (Conesa *et al.*, 1999). Se analizó el color externo de frutos del interior y exterior del árbol de la variedad de pomelo Star Ruby, siendo esta variedad de un color rojo más intenso que otras variedades pigmentadas (Porras *et al.*, 1997). Los frutos del interior del árbol presentaron una coloración amarillo rojiza más intensa que los frutos del exterior. Los frutos del exterior del mes de septiembre-octubre, presentaron un contenido en clorofilas máximo, lo cual se apreció visualmente por un intenso color verde. La llegada de las bajas temperaturas nocturnas, llevó consigo una degradación de clorofilas y la aparición de carotenos y licopenos en los frutos del exterior, aumentando su color hasta llegar a valores próximos a los de los frutos del interior, pero no llegando nunca a alcanzar los valores de estos.

Respecto al color interno a principios de septiembre todos los frutos de pomelo tuvieron una coloración similar, pero a partir de mediados de noviembre los frutos del exterior perdieron más intensamente su coloración rojiza, es decir, la degradación de licopenos fue más intensa, estando casi siempre en valores inferiores a los de los frutos del interior. De acuerdo con el modo de fructificación del pomelo, cuantitativamente el número de frutos del exterior del árbol es bastante inferior a los del interior, siendo éstos de piel más fina y menos rugosa.

Miller *et al.*, (1940) en sus investigaciones relacionadas con los problemas que se presentan en la desverdización de frutos cítricos mencionan, por primera vez, diferencias en las coloraciones de los frutos de las posiciones norte y sur del árbol. Indican que algunas veces, han observado en ciertas variedades, particularmente en las muy coloreadas, que los frutos del sector norte están mucho más coloreados que los del sector sur.

Aranda (1986) ha podido observar, que desde el viraje del color, el hemisferio adaxial (cara interior) de los frutos del exterior del árbol, tienen mejor coloración que el

hemisferio abaxial (cara exterior). Este hecho también había sido puesto de manifiesto por Miller *et al.*, (1940) en algunas variedades. El mejor color del hemisferio adaxial podría explicarse por estar sometido a más bajas temperaturas. Según Syversten y Albrigo (1980), en la zona de los frutos expuesta a los rayos solares la temperatura llega a ser en algún momento hasta 9 °C mayor que en la zona no expuesta.

#### **1.5.5.4.- Influencia de la fertilización**

Hay evidencias de que la pigmentación de los frutos es más intensa en los terrenos arcillosos que en los sueltos (Spina y Russo, 1985).

El abonado de los árboles es otro de los factores que afectan de forma sensible a la coloración de los frutos cítricos (Casas y Mallent, 1988 b).

A continuación se exponen los conocimientos que se poseen sobre la influencia de macro y micronutrientes en el color de los cítricos. Los resultados se refieren, con alguna excepción, a investigaciones realizadas en California y Florida.

Nitrógeno.- En general el abonado de los árboles con dosis altas de nitrógeno da lugar a un retraso en el viraje del color y a una mayor proporción de frutos verdes que cuando se utilizan dosis normales (Legaz *et al.*, 2000).

Grierson and Newhall (1960), en el resumen de su revisión bibliográfica sobre la desverdización de los frutos cítricos, indican que aquellos factores que inducen a un crecimiento vigoroso, como la fertilización con dosis elevadas de nitrógeno y de potasio, tienden a prolongar los tiempos necesarios para la desverdización artificial de los frutos.

También se ha observado un reverdecimiento de los frutos en algunas especies de cítricos a partir de marzo con niveles altos de nitrógeno (Huff *et al.*, 1981).

Potasio.- De las investigaciones desarrolladas por Reuther and Smith (1952), Sites and Deszyck (1952); Embleton *et al.*, (1967); Calvert (1970), Reese and Koo (1975); Koo and Reese (1977) con distintas variedades, se deduce que niveles altos de potasio en la fertilización retrasan ligeramente el viraje del color y aumentan la proporción de frutos verdes. Por otra parte con mayores niveles de potasio se incrementa el tamaño de los frutos.

Fósforo.- Según Chapman and Reyner (1951), las naranjas W Navel de árboles deficientes en fósforo tienen la corteza y el zumo con una coloración más intensa que la normal. Koo and Reese (1976), sin embargo, no encuentran diferencias en el color de las naranjas Temple cultivadas con dosis de 260 lb de  $P_2O_5$ /acre/año y con 0 lb/acre/año. A una conclusión semejante llegan Embleton *et al.*, (1967) en el cultivo de limones Eureka, indicando que la fertilización con fósforo no afecta significativamente al color de los frutos. Sin embargo (Legaz *et al.*, 2000) apunta a que con mayores contenidos de potasio en hojas se incrementa el color de los frutos.

Magnesio.- En los estudios sobre la influencia de la fertilización con distintos nutrientes sobre la calidad de las naranjas Valencia, Reuther and Smith (1952) encuentran que el abonado con magnesio en las proporciones estudiadas (entre 0,17 y 0,41 % de Mg en las hojas) no afecta a la calidad de los frutos. Calvert (1970) no encuentra tampoco influencia del magnesio sobre el color de las mandarinas Temple, ni Embleton and Jones (1974) sobre el de las naranjas Valencia.

Otros nutrientes.- Con respecto a la influencia de los micronutrientes hierro, manganeso y cinc sobre el color de los frutos cítricos, son escasos los conocimientos de que se dispone. Según la revisión realizada por Reuther *et al.*, (1958), los árboles deficientes en dichos elementos dan lugar a frutos con colores pálidos en la corteza y en el zumo.

#### **1.5.5.5.- Influencia del portainjerto**

El portainjerto es un elemento de gran importancia en el cultivo de los cítricos y afecta a la calidad de los frutos. Sin embargo, se ha prestado poca atención a la influencia del patrón sobre el color de los frutos.

En general, puede decirse que pies que tienden a producir árboles vigorosos, como limón rugoso, *C. macrophylla*, *C. pennivesiculata*, lima Rangpur, etc., dan lugar a frutos en los que el viraje de color se produce más tarde que en los frutos que proceden de pies menos vigorosos, como los de naranjo amargo, citrange Troyer y Carrizo, *Poncirus trifoliata*, etc.

En los pomelos, según los trabajos de Ting *et al.*, (1957) y de Ting and Deszyck (1958), el color interno de la variedad Ruby Red es más intenso en los frutos cultivados sobre limón rugoso que en los procedentes de naranjo amargo, mientras que en los pomelos Pink, Thompson no se aprecian diferencias entre los frutos de distintos pie. Oberbacher *et al.*, (1961) no aprecian tampoco diferencias significativas en el color interno de las variedades Ruby Red y Burgundy cultivadas sobre naranjo amargo y sobre limón rugoso. Diferentes variedades cultivadas sobre citrange Troyer, mandarino Cleopatra y *C. macrophylla* tampoco presentan diferencias de color respecto del patrón utilizado (Conesa, 1999).

Es bien conocido que el color y el contenido en  $\beta$ -caroteno y en licopeno del endocarpio de los pomelos de coloraciones rosa y rojiza varía durante la maduración de los frutos (Lime *et al.*, 1954; Purcell and Schultz, Jr., 1964; Yokoyama and White, 1967; Cruse *et al.*, 1979; Stein *et al.*, 1986). Teniendo en cuenta la importancia que tiene la disminución del color de los pomelos, tanto para su comercialización en fresco como para la industrialización de su zumo, Issa and Mielke (1980) han estudiado el efecto de distintas maderas intermedias (Shekwasha, *C. depressa* Hayata; Chinotto, *C. myrtifolia* Raf; Nasnaran, *C. amblycarpa* Ochse; naranjo amargo Lichtfield C y H, *C. aurantium* L. y mandarino H-25-5 A y H-25-4B y *C. reticulata* Blanco) sobre el contenido en  $\beta$ -caroteno y en licopeno, y su disminución con el tiempo en la pulpa y la corteza de pomelos Redblush cultivados sobre pies de mandarino Cleopatra (*C. reshni* Hort. ex Tan.). En sus investigaciones, llegan a la conclusión de que seleccionando una madera intermedia adecuada se pueden obtener, en los pomelos Redblush, niveles de pigmentos más altos que los que se obtienen sobre mandarino Cleopatra sin madera intermedia. De las maderas intermedias ensayadas, los mejores resultados se obtienen con Nasnaran y Chinotto, cuyos frutos tienen los contenidos más altos en pigmentos en la pulpa. Es de destacar que en los frutos de Nasnaran no se aprecian diferencias significativas entre el contenido en licopeno de la corteza de los pomelos recolectados en diciembre (mitad de la temporada) y el de los recolectados en marzo (final de la temporada).

Ortiz, *et al.*, (1986) han realizado un estudio comparativo de las características físicas y químicas de cuatro variedades de limón: Verna, Fino, Lisbon y Eureka cultivadas sobre tres portainjertos, naranjo amargo, *C. macrophylla* y *C. volkameriana* en la provincia de Alicante, llegando a la conclusión que, en los frutos maduros, no

existen diferencias significativas en el color de los frutos de las distintas combinaciones estudiadas. Posteriormente también en limonero (García Lidón, 2003) tampoco aprecia diferencias de color entre los patrones *C macrophila* y naranjo amargo.

#### **1.5.5.6.- Influencia de la luz**

Monselise (1951), ha realizado un detallado estudio de la distribución de la luz en las distintas zonas de los árboles de diferentes variedades de cítricos y ha comprobado que disminuyendo la densidad de plantación se mejoran las condiciones de iluminación y el rendimiento por árbol. Aunque es difícil de disociar su efecto del de la temperatura, se ha puesto en evidencia la influencia de la iluminación en el desarrollo del color de los frutos cítricos.

Iwagaki (1981), en sus investigaciones sobre la influencia de la configuración de los árboles y la poda sobre la calidad de los frutos, llega a la conclusión de que los frutos del exterior del árbol con mejor color son aquellos que están situados en la zona donde la intensidad relativa de luz (IRL) es superior al 40 % y que el color decae proporcionalmente con la disminución de la IRL. Por otro lado en pomelo Star Ruby, los frutos del interior del árbol que están menos iluminados, adquieren una coloración amarillo-rojiza más intensa antes que los del exterior (Conesa *et al.*, 1999).

Boswell *et al.*, (1982), puntualizan que si bien el viraje del color se produce más pronto en los árboles más espaciados, al final de la maduración no existen diferencias en el color de los frutos de las distintas densidades de plantación.

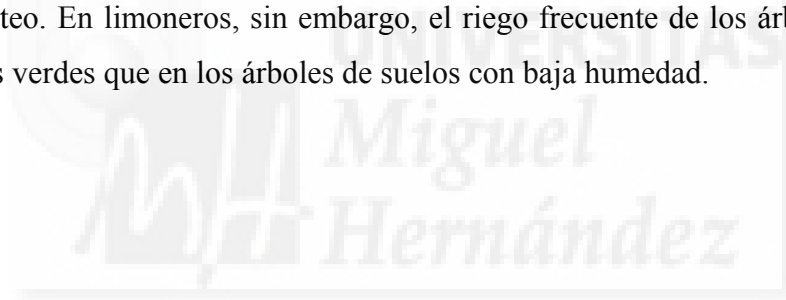
#### **1.5.5.7.- Influencia del riego**

El riego parece ser que tiene también cierto efecto sobre la coloración de los frutos cítricos.

Según las investigaciones de Sites *et al.*, (1951), los pomelos de las variedades Marsh y Silver Custer que no han sido regados dan entre el 55 % y el 79 % de frutos verdesos, de floración tardía y de baja calidad, mientras los árboles control, con riego normal, sólo dan entre el 2 y el 9 % de frutos rechazables.

Calvert *et al.*, (1967), en un estudio sobre el efecto de distintos tipos de riego sobre la calidad y otras características de los pomelos Ruby Red ponen en evidencia que el riego de los árboles por surco da mayor proporción de frutos verdes y frutos más ácidos que el riego por aspersión.

Los trabajos de Huff *et al.*, (1981), con naranjas Valencia y pomelos Redblush en Arizona, muestran que el riego por goteo da lugar a un mayor reverdecimiento de las naranjas Valencia, que en riego por inundación. La corteza de los frutos de los árboles regados por goteo tiene más clorofila y menos carotenoides que la de los frutos de árboles regados por inundación. En los pomelos Redblush, el riego por goteo produce frutos con mayor contenido en licopeno y en clorofila en la corteza que el riego por inundación; el contenido en  $\beta$ -caroteno no es afectado por el método de riego. Como posible justificación del aumento de la clorofila en el riego por goteo, los autores dicen que podría ser consecuencia de una mejora en la absorción de nitrógeno. De ser así, indican que un ajuste de la fertilización nitrogenada evitaría los efectos negativos del riego por goteo. En limoneros, sin embargo, el riego frecuente de los árboles, produce menos frutos verdes que en los árboles de suelos con baja humedad.



# **2.- OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

## 2.1. OBJETIVOS

Actualmente el desarrollo de métodos objetivos basados en principios físicos ha puesto a punto aparatos (colorímetros), permitiendo un método de trabajo fiable en la medida del color. Las variables y demás índices colorimétricos mencionados en la introducción, nos dan una medición fiable de lo que se puede considerar como la forma más precisa actualmente para medir el color, ya que podemos estudiar su evolución en los frutos del pomelo y limonero, con estos índices colorimétricos. Pero, ¿la apreciación visual puede relacionarse con estos índices?, ¿Con cuales de ellos? Hay que tener en cuenta que la apreciación visual del color de un objeto puede ser atractivo o no para la persona que lo ve. En el caso de los cítricos está unido a una valoración de la calidad del mismo, dado que se asocia, el color, luminosidad, etc. de un fruto con lo que sabemos o creemos saber, que es saludable y si está maduro, y por tanto apto para ser consumido.

Se han realizado algunos estudios, para tratar de relacionar los parámetros de CIE Lab, o Hunter Lab, con la apreciación visual. En la actualidad se sabe que el cociente  $a/b$  de los parámetros **a** y **b** medidos en el espacio de color Hunter Lab, tienen una buena correlación con la apreciación visual del color externo de los frutos de la variedad de pomelo Redblush (Stewart and Wheaton, 1971).

La temperatura es un factor ambiental muy importante que afecta a los procesos de desarrollo de las plantas. El crecimiento y desarrollo de los árboles y de sus órganos requiere la optimización de la mayoría de los factores involucrados. Esta meta no es difícil de alcanzar respecto a la temperatura, la cual no es controlable en las condiciones de campo (Bustan *et al.*, 1996).

Los cítricos tienen probablemente su origen en los bosques tropicales de sureste de Asia. El rango de temperaturas allí es relativamente estrecho (18-30°C); lo cual es significativamente diferente del rango de las regiones de cultivo comercial de los cítricos. De ello se podría suponer que pese algunos grados de adaptación, algunos aspectos biológicos de los cítricos son alterados por condiciones relativamente extremas. En definitiva, el crecimiento y maduración de los cítricos se muestra diferente bajo diversas



condiciones climáticas. Entonces ¿cuál es la influencia de la temperatura en la variación del color en los frutos del pomelo y limonero, durante su maduración?.

En resumen, los objetivos se pueden concretar en los siguientes puntos:

1º. Conocer la evolución del color de los frutos de algunas variedades de pomelo y limonero, por medio de los diferentes índices colorimétricos.

2º. Analizar la correlación lineal de estos índices con la apreciación visual en los frutos del pomelo.

3º. Estudiar la influencia de la temperatura en la variación del color durante la maduración de los frutos en pomelo y limonero.

## **2.2. PLAN DE TRABAJO**

Con el fin de conseguir los objetivos anteriormente mencionados, se ha llevado el siguiente plan de trabajo:

1º. Elección de variedades en pomelo y de clones y variedades en limonero como material vegetal a estudiar.

2º. Estudio de la evolución del color externo e interno de los frutos de las variedades de pomelo, Marsh, Redblush, Shambar, Star Ruby, Río Red, Ray Ruby y Henderson, en los meses de noviembre, enero, y marzo desde noviembre de 1999 a marzo de 2003.

3º. Estudio de la apreciación visual del color de los frutos tanto externo como interno de las variedades de pomelo.

4º. Estudio de la evolución del color exterior e interior de los frutos de las variedades, de limonero, Eureka y Lisbon y los clones, Fino 46, Fino 47, Fino 48, Fino 49 y Fino 77, en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de los años 2001 y 2002.

*Objetivos y Plan de Trabajo*

5°. Analizar el grado de correlación lineal entre los índices colorimétricos, **a/b**, **Ic**, **C**, **S**, **H**, y **Q**, obtenidos en el espacio de color Hunter Lab, con la apreciación visual, del color en el exterior y en el interior del fruto de las variedades de pomelo indicadas anteriormente.

6°. Estudio de la influencia de diversas integrales térmicas y saltos térmicos sobre el color en el mes de noviembre de las distintas variedades de pomelo.

7°. Estudio de la influencia de la temperatura media sobre la evolución del color, tanto exterior como interior de los frutos durante su maduración en las variedades y clones de limonero mencionados.



# **3.- MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. MATERIAL VEGETAL**

Todos los árboles del ensayo están localizados en la finca experimental del I.M.I.D.A. en La Alberca, (Murcia). La temperatura media es de 18.7 °C y la pluviometría media de 321 mm/año, con un índice de calor eficaz que oscila entre 2000-2200 °C (Conesa, 1999); el suelo es bastante calizo (17.1 % carbonato cálcico total) y permeable.

#### **3.1.1. Pomelo**

Las variedades de pomelo que se estudian en este trabajo son siete: Marsh de pulpa blanca; Redblush, Shambar y Henderson de pulpa rosa y Star Ruby, Río Red y Ray Ruby de pulpa roja (Porrás *et al.*, 2000c), todos ellos están injertados en mandarino Cleopatra.

#### **3.1.2. Limonero**

El material vegetal de los clones de “Fino” se obtuvo mediante una selección llevado a cabo en el actual I.M.I.D.A. de Murcia, antiguo CRIDA 07 y CIDA, (García Lidón 2003) en colaboración con el I.V.I.A. de Valencia y posteriormente saneados por la técnica del microinjerto de ápices “*in vitro*” (Navarro *et al.*, 1982).

Los cultivares utilizados fueron: “Fino 46”, “Fino 47”, “Fino 48”, “Fino 49” y “Fino 77”, “Lisbon Frost” y “Eureka Frost” y los patrones utilizados son dos: *C. macrophylla* Wester y naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.).

#### **3.1.3. Parcelas experimentales**

##### **3.1.3.1. Pomelo**

La parcela experimental está en el IMIDA de la Alberca (Murcia). La plantación se realizó en 1986 con las variedades "Marsh", "Redblush", Shambar", y "Star Ruby" sobre mandarino Cleopatra con planta libre de virus procedente de la Estación de Cuarentena de Cítricos del IVIA de Valencia.

En mayo de 1989, se completó dicha parcela con nuevo material procedente del IVIA, de las variedades "Río Red" y "Henderson" sobre mandarino Cleopatra. Un año más tarde se injertaron sobre pie también de Cleopatra yemas de la variedad "Ray Ruby" procedentes también, del IVIA de Valencia.

El marco de plantación es de 6 x 6 m<sup>2</sup>. El sistema de riego es localizado, y las prácticas culturales son las habituales de la zona.

La plantación de los 35 árboles se hizo de tal forma que hubiera un árbol de cada variedad en cada una de las cinco filas.

### **3.1.3.2. Limonero**

La plantación de los diferentes clones de limonero se realizó en abril de 1983. La experiencia se distribuyó en dos parcelas de similares dimensiones, estableciendo en cada una de ellas uno de los dos patrones elegidos, *C. macrophylla* y naranjo amargo. El total de árboles en cada una de las parcelas fue de 42. Se plantaron seis árboles de cada clon y variedad. La distribución de los árboles dentro de las parcelas fue al azar. Para nuestro ensayo se eligieron 4 árboles de cada uno de los clones y variedades en cada una de las parcelas.

El marco plantación es de 6 x 6 m<sup>2</sup>, el sistema de riego es por goteo y actualmente consta de 5 goteros por árbol con un caudal de 4 l/h. Las prácticas de cultivo son las habituales de la zona.

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Medida del color externo e interno en pomelo**

Para determinar la evolución del color externo e interno de los frutos, se tomaron en cada campaña en los meses de noviembre enero y marzo, empezando en noviembre de 1999 y terminado en marzo de 2003 tomando en cada caso muestras al azar de 5 frutos por árbol (de cada uno de los cinco árboles de cada variedad), del interior de ellos, para evitar

las diferencias de coloración entre los frutos interior y exterior del árbol (Conesa *et al.*, 1999).

El color de la corteza y de la pulpa se determinó de dos formas, una visual y otra con colorímetro. La apreciación visual se realizó, haciendo una escala de valores de cero a diez en cada uno de los muestreos, siendo el cero el pomelo con coloración más blanca y el diez el más rojo. Un grupo de 10 personas, previamente entrenadas, realizó la observación visual interna y externa del color de los frutos con la apreciación de cero a diez, indicada anteriormente. Se tomaron cinco frutos por árbol (que constituye una repetición), que por diez individuos hicieron un total de 50 datos por cada árbol. Como hay cinco árboles por variedad, los datos por variedad tomados fueron de 250. Se hicieron las medias correspondientes, y son los datos que aparecen en las tablas de Resultados.

La otra forma de medición del color se realizó con el colorímetro Minolta CR-300 de reflexión en el espacio de color HunterLab y con iluminante C, realizando tres lecturas en la corteza de la zona ecuatorial de cada uno de los cinco frutos para el color externo y otras tres medidas en la pulpa de cada uno de los mismos cinco frutos seccionados ecuatorialmente, para el color interno, constituyendo cada una de las quince medidas una repetición.

Los fundamentos de este método colorimétrico, tal como comentamos anteriormente, ya han sido previamente descritos (Hunter, 1967).

El parámetro **a** expresa la variación del verde al rojo; los valores negativos corresponden al verde, los próximos al cero a colores grises y los valores positivos al naranja y rojo (-60 verde, +60 rojo). El parámetro **b** expresa la variación del azul al amarillo (-60 azul, +60 amarillo). El parámetro **L** mide la luminosidad (100 para el blanco y 0 para el negro).

Los índices que se correlacionaron con los datos tomados de la apreciación visual fueron:

El índice de color de Jiménez-Cuesta *et al.*, (1981), se expresa como  $Ic = 1000.a/L.b$ . Los valores negativos del índice de color corresponden a los negativos de la variable **a**, es decir cuando indica tonos verdes.

El cociente **a/b** que tiene buena correlación con la apreciación visual de los frutos (Stewart and Wheaton, 1971). Los valores negativos de **a/b** corresponden a colores verdes, los próximos a cero a colores amarillos y los valores positivos a medida que aumentan, representan la variación del color desde el amarillo al naranja.

Croma: Se representa con el símbolo **C**. Se refiere a un estímulo luminoso, mide los colores vivos, y los colores apagados.  $C = \sqrt{a^2 + b^2}$ . Toma el cero para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150.

Tono: Se representa con el símbolo **H**. Unidad: grado (sexagesimal).

$$H = \text{arc.tg} (b/a)$$

Varía entre 0° y 360 ° y para los estímulos acromáticos (**a = b = 0**) es indefinida.

Saturación: Se representa por el índice **S**. Es una magnitud adimensional.

$S = C/L$ . Para estímulos independientes la saturación es proporcional al croma.

Luminosidad: Se representa con el símbolo **Q**. Es una magnitud adimensional.

$$Q = (0.15 L - 5) \log (Y_n) + 0.6 L + 40$$

Donde **Y<sub>n</sub>** es la luminosidad del blanco de referencia, para estímulos dependientes. Nuestro blanco de referencia es el de la placa del calorímetro, la cual con un Iluminante **C** muestra unos valores de:  $Y_n = 95.2$   $x = 0.3132$   $y = 0.3198$ . El valor de **Y<sub>n</sub>** es el utilizado en la fórmula.

### **3.2.2. Medida del color externo e interno en limón**

Para determinar la evolución del color externo e interno de los frutos de limonero, se tomaron, en los años 2001 y 2002, desde septiembre hasta diciembre, y cada quince días aproximadamente, muestras al azar de 5 frutos de cosecha por árbol (de cada uno de los cuatro árboles de cada variedad o clon, y de cada parcela del ensayo). Las fechas de los muestreos fueron las siguientes:

## *Material y Métodos*

### Año 2001:

- Muestreo n° 1: 11/10/01
- Muestreo n° 2: 29/10/01.
- Muestreo n° 3: 09/11/01.
- Muestreo n° 4: 23/11/01.
- Muestreo n° 5: 20/12/01.

### Año 2002:

- Muestreo n° 1: 10/09/02.
- Muestreo n° 2: 25/09/02.
- Muestreo n° 3: 08/10/02.
- Muestreo n° 4: 23/10/02.
- Muestreo n° 5: 08/11/02.
- Muestreo n° 6: 19/11/02.
- Muestreo n° 7: 25/11/02.
- Muestreo n° 8: 27/12/02.

La forma de medición del color se realizó con el colorímetro Minolta CR-300 de reflexión en el espacio de color HunterLab con iluminante C, realizando tres lecturas en la corteza de la zona ecuatorial de cada uno de los cinco frutos para el color externo y otras tres medidas en la pulpa de cada uno de los mismos cinco frutos seccionados ecuatorialmente, para el color interno, constituyendo cada uno de ellos una repetición.

Los parámetros e índices colorimétricos medidos son los mismos que con el pomelo descritos en el epígrafe anterior.



### **3.2.3. Influencia de la temperatura sobre los distintos parámetros e índices del color en pomelo y limón**

Los datos meteorológicos necesarios para el desarrollo de este epígrafe se tomaron del observatorio meteorológico que tiene en el SIAM en la propia finca, a menos de 200 m de las parcelas.

#### **3.2.3.1. Influencia de la temperatura sobre los distintos índices de color externo e interno en el pomelo**

Como el envero del pomelo se produce durante los meses de octubre-noviembre, se ha usado este periodo, así como el intervalo julio-noviembre por tratarse de un periodo de temperaturas elevadas, en la que la síntesis de licopeno es máxima, (Tingand and Deszyeck, 1957) por lo que vamos a estudiar la posible influencia de la temperatura respecto en la coloración de las distintas variedades de pomelo.

Con los valores de la temperatura media se calcula la integral térmica absoluta (IT) para cada año y para cada intervalo de tiempo considerado (IT1: del 15 de octubre al 15 de noviembre e IT2: julio a noviembre), mediante la siguiente fórmula:

$$IT = \sum(T_m - 12,8) \times n^\circ \text{ de días mes.}$$

Siendo  $T_m$  la temperatura media del mes. El 12,8 es el cero vital de los agrios (González-Sicilia 1960)

También se calcula el salto térmico medio diario ST (temperatura máxima - temperatura mínima) de esos mismos periodos de tiempo. Es decir, se calcula:

IT Integral térmica absoluta.

IT1: Integral térmica del 15 de octubre al 15 de noviembre.

IT2: Integral térmica de julio a noviembre.

ST1: Salto térmico del 15 de octubre al 15 de noviembre.

ST2: Salto térmico de julio a noviembre.

### **3.2.3.2. Influencia de la temperatura sobre los distintos parámetros externos e internos del color en frutos de limón**

Se tomaron los datos de las temperaturas (máximas, mínimas y medias), de la estación que hay en la finca a través del SIAM en dos años. En el año 2001, desde el 11 de octubre al 20 de diciembre. En el 2002, desde el 10 de Septiembre al 27 de diciembre. Estos datos se tomaron con el fin de comparar la evolución de las mismas y del salto térmico ( $T_{max}-T_{min}$ ), con los parámetros colorimétricos **L**, **a** y **b** externos e internos para apreciar la posible influencia de la temperatura sobre dichos parámetros y el índice **Ic**.

### **3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Se realizó el análisis de la varianza de los valores medios de los distintos parámetros, comprobando las diferencias existentes entre las distintas variedades o clones. Para ello se llevaron a cabo las ya mencionadas pruebas de significación basadas en el error experimental, empleándose la prueba de tipo múltiple conocida como “Test múltiple de Duncan”, de fácil uso y rapidez en el método,

Para el pomelo se calcula la Matriz de Pearson con las integrales térmicas y los saltos térmicos y los índices colorimétricos externos e internos de color, para ver el grado de correlación que tienen y su nivel de significación. También se calculan para el pomelo las correlaciones polinómicas de orden dos. Para el limón se determinan también, las correlaciones lineales y las polinomiales de orden dos. El paquete estadístico utilizado fue el “Statgraphics Plus” versión 5.1.

## **4.- RESULTADOS**



## **4.1.- COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES POMELO ( *Citrus paradisi* Macf.)**

### **4.1.1.- Evolución del color externo del fruto**

En los epígrafes siguientes, en las Figuras representamos la media de los cuatro años, en cada uno de los meses de estudio, y en las Tablas los datos de cada parámetro con las diferencias significativas, si las hay, en cada una de las fechas de la medición.

#### **4.1.1.1- Parámetro L**

En la Figura 4.1 se aprecia la evolución de los valores medios de los cuatro años de las diversas variedades, donde se observa, que hay una tendencia a incrementarse la claridad de los frutos a lo largo del tiempo.

La Tabla 4.1 y la Figura 4.1 nos muestra que, en general, los valores más elevados obtenidos de la claridad corresponden a las variedades, Marsh, Redblush y Henderson, mientras que los valores más bajos los tienen las variedades rojizas Río Red, Star Ruby y Ray Ruby. La variedad Shambar viene a estar intermedia entre las variedades más claras, y las más rojizas.

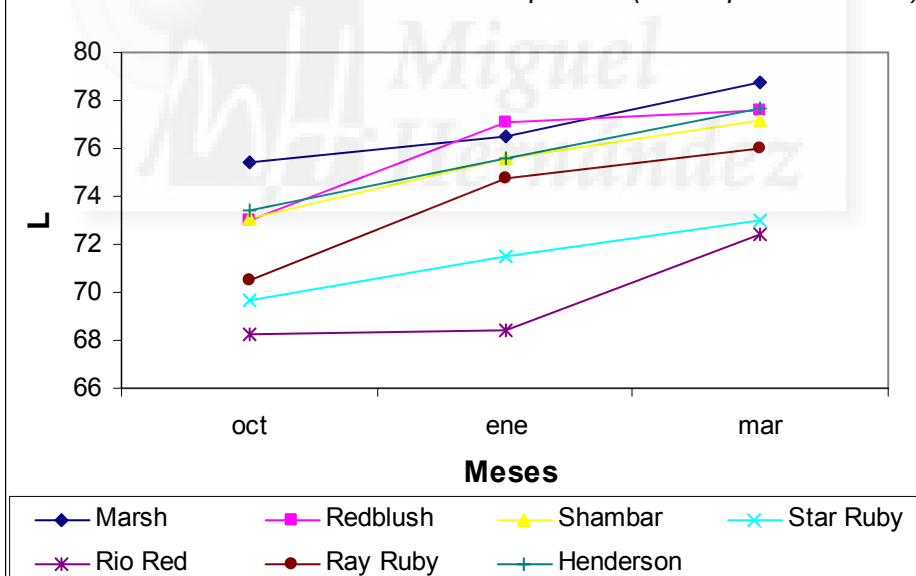
Todas las variedades de pomelo, tienen una tendencia a aumentar sus valores, (su claridad), cuando se comparan los meses de noviembre, enero y marzo, es decir cuando maduran los frutos, excepto en varios casos, en el que sus valores disminuyen algo.

**Tabla.-4.1** Evolución de Parámetro **L** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| <b>L exterior</b> | Marsh   | Redblush  | Shambar  | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|-------------------|---------|-----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999         | 77,82 d | 74,29 c   | 74,71 c  | 70,74 b   | 67,35 a | 71,37 b  | 75,39 c   |
| Ene. 2000         | 76,79 e | 75,57 cde | 75,25 cd | 70,66 b   | 66,62 a | 74,31 c  | 76,42 de  |
| Marz.2000         | 78,55 c | 77,41 bc  | 77,09 bc | 72,85 a   | 72,39 a | 75,87 b  | 77,42 bc  |
| Nov.2000          | 73,63 b | 73,45 b   | 71,85 ab | 69,98 a   | 70,57 a | 70,17 a  | 74,52 b   |
| Ene. 2001         | 78,19 d | 77,85 d   | 77,95 d  | 73,98 b   | 70,70 a | 76,03 c  | 77,71 cd  |
| Marz.2001         | 78,51 c | 77,11 bc  | 76,70 bc | 73,25 a   | 72,18 a | 75,89 b  | 77,47 bc  |
| Nov. 2001         | 71,41 b | 67,57 a   | 68,88 ab | 67,45 a   | 66,83 a | 67,97 a  | 69,27 ab  |
| Ene. 2002         | 74,06 b | 72,60 b   | 73,68 b  | 70,30 a   | 68,40 a | 74,13 b  | 72,94 b   |
| Marz.2002         | 79,01 d | 77,94 cd  | 77,44 bc | 73,19 a   | 72,39 a | 76,25 b  | 77,82 cd  |
| Nov. 2002         | 78,87 e | 76,58 d   | 76,88 cd | 70,53 b   | 68,17 a | 72,37 b  | 74,48 c   |
| Ene. 2003         | 77,11 d | 76,94 d   | 75,35 c  | 71,18 b   | 68,09 a | 74,67 c  | 75,61 cd  |
| Marz.2003         | 78,99 d | 77,79 cd  | 77,46 c  | 72,69 a   | 72,59 a | 75,88 b  | 77,84 cd  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4,1.- Evolución de los valores medios del parámetro **L** externo de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.1.1.2.- Parámetro a

Como se aprecia en la Figura 4.2, los valores de este parámetro aumentan del mes de noviembre al mes de enero, y disminuyen ligeramente hacia marzo.

La Tabla 4.2 nos muestra que, en los meses de noviembre de los años 2000 y 2001 los valores del parámetro **a** son más verdes que en el año 1999 y 2002, mientras que en estos dos años los valores en casi todos los casos son similares. En noviembre de 2002, Star Ruby presenta el valor más rojo.

En los meses de enero hay, en general, una pérdida de verde en los frutos respecto de noviembre, disminuyendo los valores negativos, (tonos menos verdes) en las variedades, Marsh, Redblush, Shambar y Henderson y un aumento de los valores positivos, en las variedades más rojas, Star Ruby, Río Red y Ray Ruby. La variedad más roja, es Río Red, seguida de Star Ruby, y de Ray Ruby.

En el mes de marzo se observa una ligera tendencia de aumento de tonos verdosos en todas las variedades apreciando una clara disminución de los tonos rojizos en Star Ruby y Río Red.

En los meses de noviembre, de todos los años, se observan diferencias significativas entre el grupo de las variedades más verdes Marsh, Shambar y Redblush, y el grupo de las variedades rojas, Star Ruby y Río Red, quedando en posición intermedia, dependiendo de los años, las variedades Ray Ruby y Henderson.

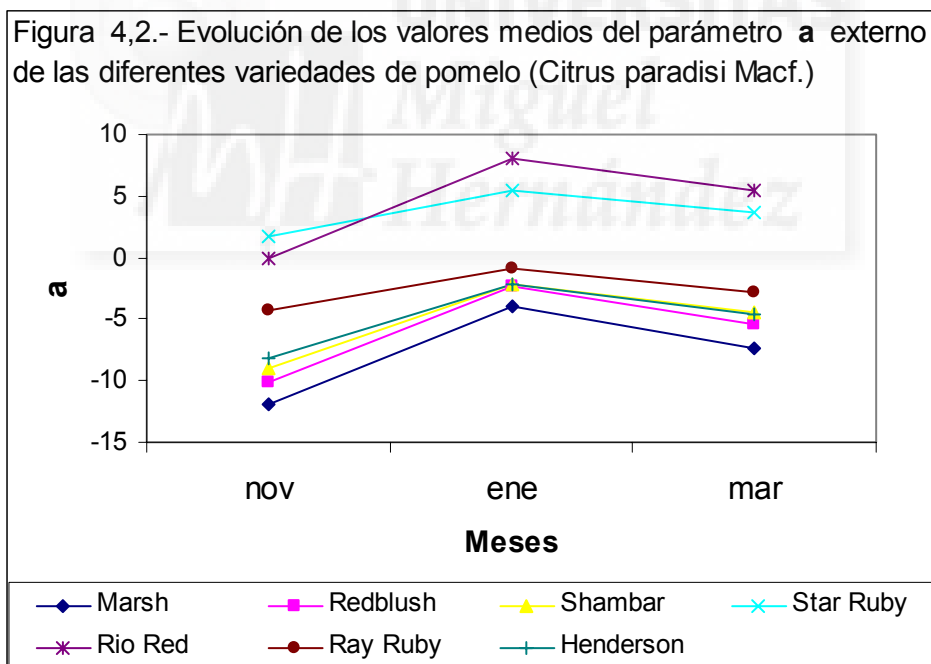
En enero hay más diferencias en las variedades verdosas, habiendo diferencias significativas, de Marsh, con respecto al grupo formado por, Redblush Shambar y Henderson. También, en el mes de enero, las variedades rojizas, suelen presentar diferencias significativas entre sí.

En el mes de marzo, los grupos vienen a ser similares, a los del mes anterior. Uno de ellos es el formado por la variedad Marsh, otro formado por Redblush Shambar y Henderson, las tres variedades que quedan, Star Ruby Río Red y Ray Ruby, muestran diferencias significativas entre sí.

**Tabla.-4.2.:** Evolución del parámetro **a** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| <b>a exterior</b> | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|-------------------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999         | -9,21 a  | -9,26 a  | -6,66 b  | 3,16 d    | 1,84 d  | -2,16 c  | -6,39 b   |
| Ene. 2000         | -2,73 a  | -0,83 b  | -0,10 ab | 7,94 d    | 10,63 e | 0,93 c   | -1,08 b   |
| Marz.2000         | -7,52 a  | -5,47 b  | -4,39 b  | 3,60 d    | 5,50 e  | -2,66 c  | -4,72 b   |
| Nov.2000          | -13,97 a | -10,37 b | -10,42 b | -2,14 d   | -0,02 d | -6,04 c  | -6,61 c   |
| Ene. 2001         | -5,32 a  | -3,26 b  | -3,89 ab | 3,59 d    | 7,59 e  | -1,66 c  | -3,56 b   |
| Marz.2001         | -7,23 a  | -4,89 b  | -4,21 bc | 3,58 d    | 5,48 e  | -2,69 c  | -4,69 b   |
| Nov. 2001         | -14,95 a | -13,97 a | -11,91 a | 0,19 c    | -5,1 b  | -5,55 b  | -11,13 a  |
| Ene. 2002         | -2,56 a  | -1,04 b  | -2,06 ab | 5,20 c    | 7,35 d  | -1,32 ab | -0,96 b   |
| Marz.2002         | -7,52 a  | -5,63 b  | -4,48 b  | 3,63 d    | 5,68 e  | -2,87 c  | -4,46 b   |
| Nov. 2002         | -9,64 a  | -7,26 b  | -7,23 b  | 5,58 e    | 3,23 d  | -3,46 c  | -8,61 ab  |
| Ene. 2003         | -5,15 a  | -4,35 ab | -2,96 bc | 5,36 d    | 6,67 d  | -1,67 c  | -3,08 bc  |
| Marz.2003         | -7,46 a  | -5,83 ab | -4,54 b  | 3,71 c    | 5,42 d  | -2,83 c  | -4,70 b   |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.1.1.3.- Parámetro **b**

En la Figura 4.3 se aprecia que hay una tendencia general en todas las variedades, a aumentar al valor de este parámetro a lo largo del tiempo.

La Tabla 4.3 nos muestra que, los valores de este parámetro son en general superiores a 30. Esto nos indica que todas las variedades muestran tonos amarillentos, (tal como se observa en el diagrama cromático), variables en su intensidad dependiendo de las variedades y de la época del año.

Al igual que en el parámetro **a** se aprecia no de forma tan acusada, que en los meses de noviembre del año 2000 y 2001, hay una ligera bajada de este parámetro en las variedades más amarillentas con respecto a los años 1999 y 2002. En los meses de enero se incrementan los valores de **b**, respecto a los meses de noviembre, aumentando los tonos amarillos de todas las variedades. Los más amarillos son las variedades con los valores más elevados, caso de las variedades Marsh, Redblush y Shambar, y los más bajos Star Ruby y Río Red.

En general en los meses de noviembre, presentan diferencias significativas el siguiente grupo de variedades: Marsh, Redblush y Shambar, con el grupo de Ray Ruby y Henderson y estos a su vez con Río Red y Star Ruby.

En los meses de enero hay una tendencia a formar un grupo: Marsh (el más amarillo), otro (Redblush, Shambar, Henderson y Ray Ruby) y un tercero el de Río Red con Star Ruby mientras que en el mes de marzo, el primer grupo y el segundo grupo anterior tienden a juntarse.

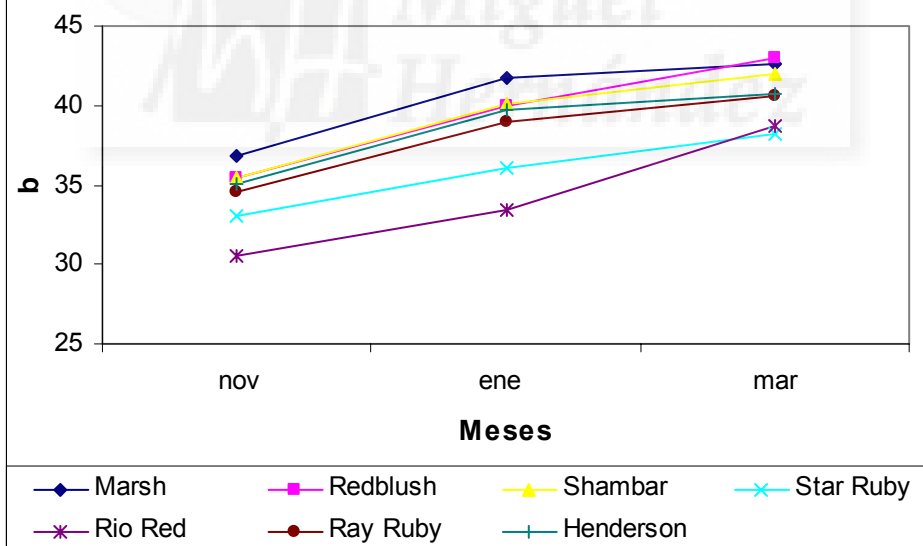


**Tabla.-4.3.:** Evolución del Parámetro **b** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>b</b> exterior | Marsh    | Redblush  | Shambar   | Star Ruby | Rio Red  | Ray Ruby | Henderson |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999         | 37,53 d  | 35,78 bcd | 36,99 cd  | 31,67 a   | 29,81 a  | 35,26 bc | 35,01 b   |
| Ene. 2000         | 43,28 d  | 39,69 c   | 39,91 c   | 33,37 b   | 30,74 a  | 38,03 c  | 39,69 c   |
| Marz.2000         | 42,46 cd | 42,79 d   | 41,80 cd  | 37,99 a   | 38,58 ab | 40,44 bc | 40,55 bcd |
| Nov.2000          | 36,66 d  | 36,43 d   | 35,46 bcd | 34,64 b   | 31,79 a  | 34,69 bc | 36,05 cd  |
| Ene. 2001         | 42,23 e  | 41,42 de  | 41,36 de  | 38,61 b   | 34,15 a  | 39,87 c  | 40,25 cd  |
| Marz.2001         | 42,34 bc | 42,63 c   | 41,67 bc  | 38,08 a   | 38,70 a  | 40,21 ab | 40,36 abc |
| Nov. 2001         | 33,96 dc | 31,70 ab  | 32,27 bc  | 31,83 b   | 30,01 a  | 32,63 bc | 32,88 bc  |
| Ene. 2002         | 39,79 d  | 38,47 c   | 38,36 c   | 35,89 b   | 34,02 a  | 38,5 c   | 37,96 c   |
| Marz.2002         | 42,94 d  | 42,76 d   | 41,98 cd  | 37,84 a   | 38,61 ab | 40,37 bc | 40,85 cd  |
| Nov. 2002         | 39,11 e  | 37,99 de  | 37,31 cd  | 33,99 b   | 30,73 a  | 35,90 c  | 36,38 c   |
| Ene. 2003         | 41,67 c  | 40,44 bc  | 40,72 bc  | 36,51 a   | 34,96 a  | 39,37 b  | 40,76 bc  |
| Marz.2003         | 42,59 d  | 43,99 d   | 42,29 cd  | 38,74 a   | 38,97 ab | 41,21 bc | 41,39 cd  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4. 3.- Evolución de los valores medios del parámetro **b** externo de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.1.1.4.- Índice $a/b$

La Tabla 4.4 y la Figura 4.4 nos muestra que, en términos generales, el valor del cociente es más bajo en las variedades más blancas, teniendo los valores más negativos la variedad Marsh, seguidos por Redblush, Shambar y Henderson. Después, con valores negativos, también está, Ray Ruby, seguidas por las variedades rojizas y por lo tanto con índices positivos Río Red y Star Ruby.

En los meses de noviembre del año 2000 y 2001 se observa un descenso de los valores del índice  $a/b$  en todas las variedades respecto al de 1999, y 2002. Aunque las diferencias significativas en los meses de noviembre, entre las variedades, varían, ligeramente en estos años, si se plantean diferencias entre tres grupos de variedades en este mes; el grupo formado por las variedades más amarillentas, Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, el grupo de variedades más rojizas, Star Ruby Río Red y la variedad intermedia entre las dos: Ray Ruby, aunque más próxima al primer grupo.

En los meses de enero, hay un aumento de los valores respecto a los de noviembre. En este mes se aprecia mejor las diferencias significativas entre el grupo de variedades formado por Star Ruby, Río Red y Ray Ruby, que al aumentar su coloración rojiza, aumentan las diferencias entre ellos. Pasa lo contrario con el otro grupo de variedades, Redblush, Shambar y Henderson, que se igualan más en sus tonos y dejan de tener diferencias entre ellas, mientras que Marsh se separa algo de ellas siendo la más verdosa.

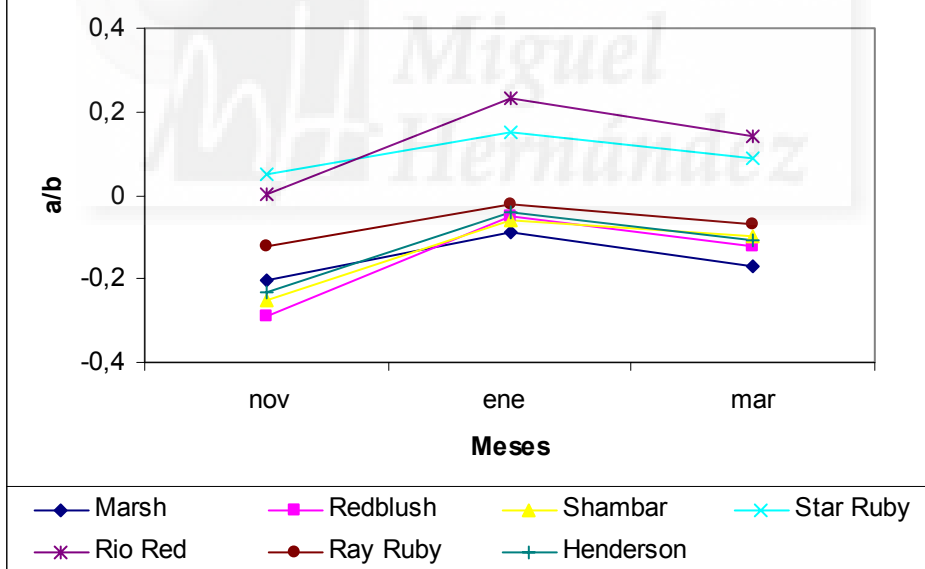
Los valores de marzo, en general bajan tanto en las variedades rojas Star Ruby y Río Red como en las otras, al disminuir los valores de  $a$ . En las variedades más amarillentas, como Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, se hacen más verdosas, al disminuir los valores de  $a$ . Dentro de las variedades más amarillentas, Marsh es en este mes, la más verdosa, con un valor negativo mayor que las otras variedades.

**Tabla.-4.4.:** Evolución del Índice **a/b** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| a/b ext.  | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|-----------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999 | -0,24 ab | -0,26 a  | -0,18 a  | 0,10 b    | 0,06 c  | -0,06 b  | -0,18 a   |
| Ene. 2000 | -0,06 a  | -0,02 b  | 0,002 bc | 0,23 d    | 0,34 e  | 0,02 c   | -0,02 ab  |
| Marz.2000 | -0,18 a  | -0,13 b  | -0,11 bc | 0,10 d    | 0,14 e  | -0,07 c  | -0,12 b   |
| Nov.2000  | -0,38 a  | -0,28 b  | -0,29 ab | -0,06 d   | 0,001 d | -0,17 c  | -0,18 c   |
| Ene. 2001 | -0,12 a  | -0,07 bc | -0,9 ab  | 0,09 d    | 0,22 e  | -0,04 c  | -0,08 ab  |
| Marz.2001 | -0,17 a  | -0,11 b  | -0,10 bc | 0,09 d    | 0,14 e  | -0,06 c  | -0,10 b   |
| Nov. 2001 | -0,44 a  | -0,44 a  | -0,37 a  | 0,005 c   | -0,16 b | -0,17 b  | -0,33 a   |
| Ene. 2002 | -0,06 a  | -0,02 ab | -0,05 ab | 0,14 c    | 0,21 d  | -0,03 ab | -0,02 b   |
| Marz.2002 | -0,18 a  | -0,13 b  | -0,11 bc | 0,10 d    | 0,15 e  | -0,08 c  | -0,12 b   |
| Nov. 2002 | -0,24 a  | -0,19 a  | -0,19 a  | 0,16 c    | 0,10 c  | -0,09 b  | -0,23 a   |
| Ene. 2003 | -0,12 a  | -0,10 ab | -0,07 bc | 0,14 d    | 0,18 d  | -0,04 c  | -0,07 bc  |
| Marz.2003 | -0,17 a  | -0,13 ab | -0,10 bc | 0,09 d    | 0,14 e  | -0,07 c  | -0,11 b   |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4.4 Evolución de los valores medios del índice **a/b** externo de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.1.1.5.- Índice **Ic**

Este índice es similar al anterior, en el que se incluye el parámetro **L** (claridad) en el denominador. Como puede verse en la Figura 4.5, este índice, suele aumentar de noviembre a enero, para disminuir ligeramente en marzo.

Los valores negativos de la Tabla 4.5, nos muestran la influencia del parámetro **a** con sus valores negativos (verdes), cuando los tiene, en la fórmula del índice. Los valores más elevados están en las variedades rojas descendiendo progresivamente hasta las variedades rosadas y a la blanca.

Por años se observa, en el mes de noviembre existe un descenso de los valores negativos del índice **Ic** de los años 2000 y 2001 respecto de los de 1999 y 2002, en las variedades más blanco rosadas, Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, y hay también un descenso de los valores en el resto de las variedades.

En los meses de enero, las variedades Marsh, Redblush, Shambar y la variedad Henderson disminuyen sus valores del 2000 al 2001 y luego aumentan sus valores en el 2002 y en el 2003. Las variedades rojizas Río Red y Ray Ruby en 1999 los tienen más elevados que los otros años, mientras que la variedad Star Ruby disminuye en el 2001 respecto del 2000 y vuelve a aumentar sus valores en el 2002 y 2003.

En los meses de noviembre se observan, en general tres grupos de variedades que muestran diferencias significativas entre sí: las blanco rosadas: Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, el grupo formado por Star Ruby y Río Red, que dependiendo del año plantea algunas diferencias entre ellos, y la variedad Ray Ruby intermedia entre los dos grupos pero más próxima al primero.

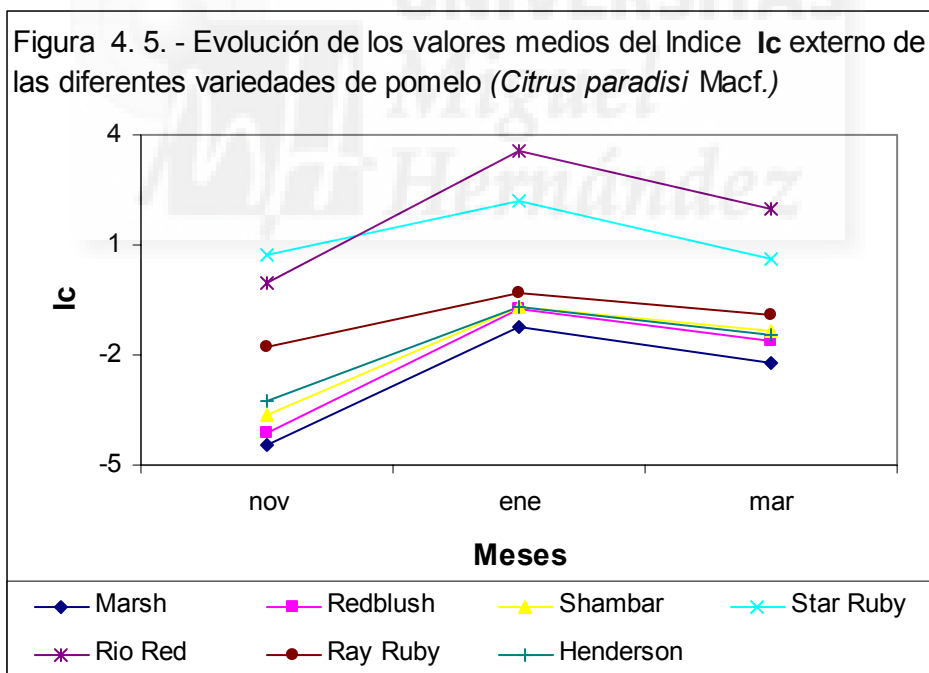
En los meses de enero, se plantean más diferencias entre las variedades, así, la variedad Marsh, tiene en general diferencias significativas con el grupo formado por Redblush, Shambar y Henderson, las variedades más rojizas, Star Ruby, Río Red y Ray Ruby, tienen diferencias significativas entre sí.

En el mes de marzo, los valores de este índice bajan ligeramente en todas las variedades, siendo el descenso más acusado en Río Red y Star Ruby .

**Tabla.-4.5.:** Evolución del Índice **Ic** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>Ic exterior</b> | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999          | -3,16 ab | -3,52 a  | -2,43 b  | 1,44 d    | 0,91 d  | -0,86 c  | -2,44 b   |
| Ene. 2000          | -0,84 a  | -0,27 b  | 0,03 bc  | 3,38 d    | 5,19 e  | 0,33 c   | -0,35 ab  |
| Marz.2000          | -2,25 a  | -1,64 b  | -1,35 bc | 1,30 d    | 2,00 e  | -0,87 c  | -1,49 b   |
| Nov.2000           | -5,23 a  | -3,88 ab | -4,09 ab | -0,91 d   | 0,009 d | -2,46 c  | -2,50 c   |
| Ene. 2001          | -1,61 a  | -1,01 bc | -1,20 ab | 1,26 d    | 3,17 e  | -0,54 c  | -1,13 ab  |
| Marz.2001          | -2,17 a  | -1,48 b  | -1,31 bc | 1,29 d    | 2,01 e  | -0,88 c  | -1,50 b   |
| Nov. 2001          | -6,26 a  | -6,58 a  | -5,41 a  | 0,07 c    | -2,55 b | -2,53 b  | -4,89 a   |
| Ene. 2002          | -0,86 a  | -0,36 ab | -0,72 ab | 2,06 c    | 3,16 d  | -0,45 ab | -0,31 b   |
| Marz.2002          | -2,25 a  | -1,70 b  | -1,37 bc | 1,33 d    | 2,08 e  | -0,94 c  | -1,40 bc  |
| Nov. 2002          | -3,13 a  | -2,51 a  | -2,55 a  | 2,35 c    | 1,53 c  | -1,34 b  | -3,23 a   |
| Ene. 2003          | -1,59 a  | -1,39 ab | -0,96 bc | 2,09 d    | 2,76 e  | -0,56 c  | -0,99 abc |
| Marz.2003          | -2,22 a  | -1,74 ab | -1,39 bc | 1,36 c    | 1,94 c  | -0,93 c  | -1,46 bc  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.1.1.6.- Croma C

El Croma aumenta conforme van madurando los frutos. Los valores más bajos son los de los meses de noviembre y los mayores los de marzo del año siguiente. (Figura 4.6).

En el mes de noviembre los valores mayores suelen estar en el año 2003, siendo los menores los del año 1999.

En los meses de enero, los valores más altos corresponden al año 2001, seguido de enero del 2003, y el más bajo el año 2002. Las excepciones son: la variedad Marsh, que en enero del 2001 es inferior al año 2000, mientras que el resto de las variedades es al revés, y por otro lado Star Ruby, Río Red y Ray Ruby, sus valores son superiores en el 2002 con respecto al año 2000, mientras que en el resto de las variedades, es al contrario.

Los meses de marzo, presentan valores ligeramente superiores a los del mes de enero.

En los meses de noviembre, los grupos que plantean diferencias significativas, varían de un año a otro. Así en el año 1999, tenemos cuatro grupos: Río Red, Star Ruby, Ray Ruby y Henderson, y por ultimo el formado por Marsh Redblush y Shambar.

Como puede observarse en la Tabla 4.6 en general, se plantea en el mes de noviembre, tres grupos, formados por la variedad más blanco rosadas; la Marsh, que normalmente está claramente diferenciada, excepto en el año 1999, después el grupo formado por Shambar, Henderson, y Redblush con valores de Croma inferiores a Marsh, luego viene Ray Ruby, Río Red y Star Ruby.

En el mes de enero, si aparecen más agrupados las variedades intermedias y las más rojizas. En este mes las diferencias significativas, varían un poco de unos años a otros. Así, en general, se plantean cuatro grupos: Star Ruby y Río Red, el formado por Ray Ruby, y luego Henderson, Shambar y Redblush y por último el grupo formado por la variedad Marsh.

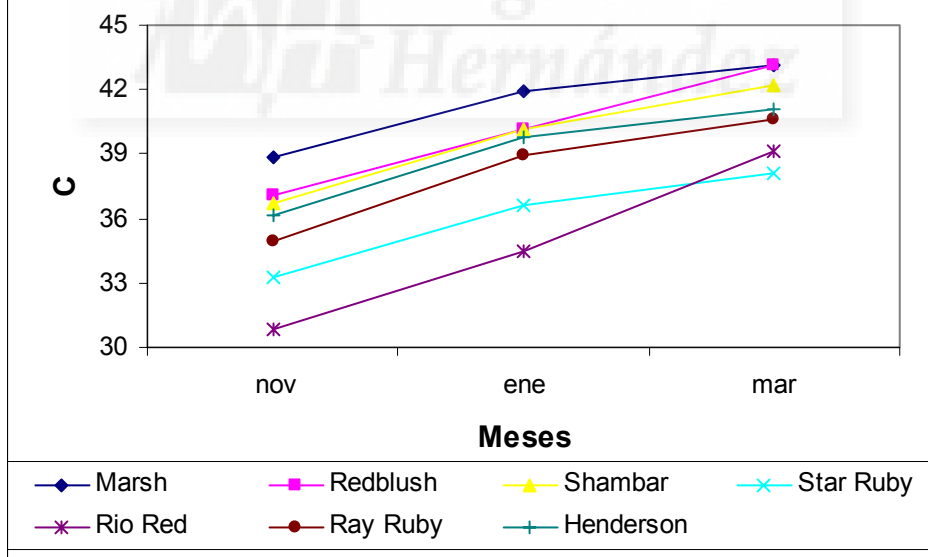
Respecto al mes de marzo, un grupo esta formado por Star Ruby y Río Red, y otro por Marsh, Redblush y Shambar y entre estos dos grupos, están Ray Ruby más próxima al primer grupo y Henderson más próximo al segundo.

**Tabla.-4.6.:** Evolución de Croma C exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| C exterior | Marsh   | Redblush | Shambar   | Star Ruby | Rio Red  | Ray Ruby  | Henderson |
|------------|---------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Nov. 1999  | 38,71 d | 36,99 cd | 37,61 d   | 31,85 b   | 29,88 a  | 35,42 c   | 35,60 c   |
| Ene. 2000  | 43,20 c | 39,71 b  | 39,92 b   | 34,33 a   | 32,53 a  | 38,05 b   | 39,71 b   |
| Marz.2000  | 43,12 d | 43,16 d  | 42,06 cd  | 38,18 a   | 38,98 ab | 40,53 bc  | 40,83 bc  |
| Nov.2000   | 39,26 d | 37,89 c  | 36,96 c   | 34,91 b   | 31,83 a  | 35,25 b   | 36,76 c   |
| Ene. 2001  | 42,57 d | 41,56 d  | 41,55 d   | 38,82 b   | 35,01 a  | 39,92 bc  | 40,41 c   |
| Marz.2001  | 42,95 d | 42,94 d  | 41,90 cd  | 38,27 a   | 39,10 ab | 41,31 abc | 40,63 bcd |
| Nov. 2001  | 37,19 e | 34,70 d  | 34,43 cd  | 31,88 ab  | 30,84 a  | 33,16 bc  | 34,73 d   |
| Ene. 2002  | 39,90 d | 38,49 c  | 38,42 c   | 36,26 b   | 34,81 a  | 38,53 c   | 38,00 c   |
| Marz.2002  | 43,20 e | 43,17 de | 42,24 cde | 38,04 a   | 39,04 ab | 40,48 bc  | 41,10 bcd |
| Nov 2002   | 40,29 f | 38,70 e  | 38,02 de  | 34,49 b   | 30,92 a  | 36,08 c   | 37,46 d   |
| Ene.2003   | 42,00 c | 40,68 bc | 40,84 bc  | 36,93 a   | 35,60 a  | 39,41 b   | 40,88 bc  |
| Marz.2003  | 43,23 d | 43,24 d  | 42,56 d   | 37,95 a   | 39,35 ab | 40,31 bc  | 41,65 cd  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%

Grafico 4,6.- Evolución de los valores medios del Chroma C externo de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.1.1.7.- Índice **H**

En la Figura 4.7 y la Tabla 4.7 se aprecian claramente la separación de Star Ruby y Río Red con el resto de las variedades como consecuencia de los valores negativos de **a**.

En general, todas las variedades, disminuyen sus valores de noviembre a enero, independientemente de que sean positivas o negativas.

Su valor varía bastante entre las variedades, debido a que el parámetro **a** es negativo (verde) en bastantes variedades, dependiendo del año y del mes tomado, su influencia se observa en el índice **H**.

En los meses de noviembre, de 1999 y 2002 los valores de las variedades, Marsh, Redblush y Shambar son más negativos que los de los años 2000 y 2001. Lo contrario ocurre con las variedades más rojizas Star Ruby, Río Red y Ray Ruby que van variando de valor indistintamente de un año a otro. La variedad Henderson varía poco en los años 1999 al 2000 y en el año 2001 es menos negativo.

En los meses de enero el comportamiento de **H** es diferente al de los meses de Noviembre. Así las variedades Marsh, y Star Ruby tienen sus valores máximos en el año 2001, y los menores en el 2002. A las variedades Redblush, Ray Ruby, y Henderson, tienen un comportamiento diferente, es decir, disminuyen y aumentan sus valores de un año a otro indistintamente. La variedad Río Red, su valor aumenta del primer año al último.

En los meses de marzo los valores de los índices, varían poco de los valores de los meses de enero.

Existen pocas diferencias significativas en los meses de noviembre, así en el año 1999 el grupo de variedades formado por Star Ruby y Río Red presenta diferencias con el resto de las variedades. En noviembre de 2000, presentan diferencias significativas los grupos de Redblush, Shambar, y el Marsh con el resto de las variedades. Pero en el 2001 los grupos que presentan diferencias significativas son: Marsh Redblush Shambar y Henderson, el formado por Río Red y Ray Ruby y el la variedad Star Ruby y en el año siguiente (2002) existen diferencias entre el grupo de variedades: Henderson, Marsh, Redblush, Shambar, con Ray Ruby y con el grupo de Star Ruby y Río Red. En los meses de enero, en general presentan diferencias las variedades más blanco rosadas,



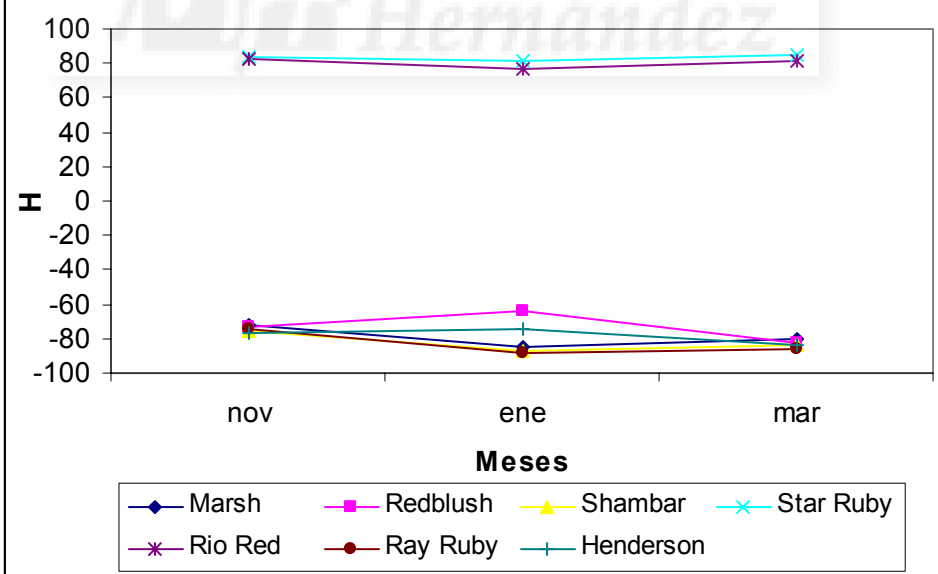
Marsh, Redblush, Shambar y Henderson y la rojiza Ray Ruby, con las variedades Star Ruby y Río Red.

**Tabla.-4.7.:** Evolución del índice **H** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| H exterior | Marsh    | Redblush  | Shambar   | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby  | Henderson  |
|------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|
| Nov. 1999  | -76,21 a | -75,42 a  | -79,72 a  | 84,21 b   | 86,46 b  | -50,57 a  | -79,59 a   |
| Ene. 2000  | -86,27 a | -88,52 ab | -89,85 b  | 76,58 c   | 70,89 c  | -88,57 c  | -74,59 ab  |
| Marz.2000  | -79,95 c | -82,72 b  | 82,02 ab  | 84,60 e   | 81,77 d  | -86,19 a  | -83,40 b   |
| Nov.2000   | -69,10 d | -74,10 c  | -73,62 c  | 83,88 ab  | 87,68 a  | -80,16 bc | -79,62 b   |
| Ene. 2001  | -82,80 c | -85,46 ab | -84,61 bc | 84,71 e   | 77,44 d  | -87,60 a  | -84,93 bc  |
| Marz.2001  | -80,29 c | -83,44 b  | -84,22 ab | 84,61 e   | 81,79 d  | -86,16 a  | -83,35 b   |
| Nov. 2001  | -66,14 c | -66,19 c  | -69,68 c  | 87,36 a   | 71,28 b  | -80,34 b  | -71,28 c   |
| Ene. 2002  | -86,32 a | -88,25 a  | -86,91 ab | 81,74 b   | 77,79 b  | -88,05 a  | -52,63 a   |
| Marz.2002  | -79,97 c | -82,48 b  | -83,92 ab | 84,52 e   | -81,53 d | -85,92 a  | 83,76 b    |
| Nov 2002   | -76,14 b | -79,14 b  | -79,01 b  | 80,62 c   | 84,02 c  | -84,46 a  | -76,63 b   |
| Ene. 2003  | -82,95 c | -84,09 bc | -85,83 ab | 81,57 e   | 78,75 d  | -87,56 a  | -85,67 abc |
| Marz.2003  | -80,06 c | -82,27 ab | -83,89 ab | 84,37 d   | 82,00 d  | -85,96 a  | -83,50 b   |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4.7.- Evolución de los valores medios del Índice H externo de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.1.1.8.- Índice S

La Figura 4.8 y la Tabla 4.9 nos muestran un ligero incremento de los valores de este índice a lo largo de los meses tomados.

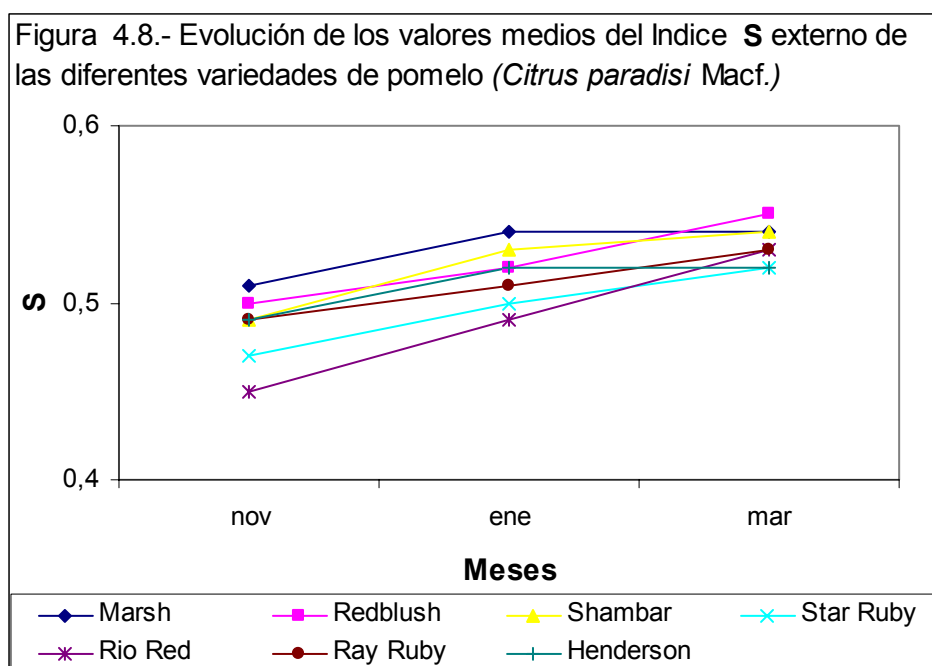
Dado que este índice tiene valores muy pequeños, sus variaciones a lo largo de estos meses y años también lo son.

En los meses de noviembre de los años estudiados este índice presenta diferencias significativas entre sus variedades, siendo Río Red la que tiene valores más bajos y Marsh los más elevados. En los meses de enero el comportamiento de las variedades es parecido al del mes de noviembre, aunque Star Ruby no tiene diferencias significativas con Río Red en los años 2000 y 2002. La variedad Marsh presenta diferencias con el resto de las variedades con los valores más elevados. En enero del 2003, existen tres grupos diferenciados, Río Red, el grupo de Marsh, Shambar, Henderson y el grupo formado por Redblush, Star Ruby y Ray Ruby.

**Tabla.-4.8.:** Evolución del índice S exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| S exterior | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby | Henderson |
|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999  | 0,49 d   | 0,49 d   | 0,50 d   | 0,45 ab   | 0,44 a   | 0,49 cd  | 0,47 bc   |
| Ene. 2000  | 0,56 c   | 0,52 b   | 0,53 b   | 0,48 a    | 0,48 a   | 0,51 ab  | 0,51 b    |
| Marz.2000  | 0,54 ab  | 0,55 b   | 0,55 ab  | 0,53 a    | 0,53 ab  | 0,53 ab  | 0,53 a    |
| Nov.2000   | 0,53 d   | 0,51 cd  | 0,51 bcd | 0,49 bc   | 0,45 a   | 0,50 bc  | 0,49 b    |
| Ene. 2001  | 0,54 c   | 0,53 bc  | 0,53 bc  | 0,52 bc   | 0,49 a   | 0,52 bc  | 0,52 b    |
| Marz.2001  | 0,54 ab  | 0,55 b   | 0,54 ab  | 0,52 a    | 0,54 ab  | 0,53 ab  | 0,52 a    |
| Nov. 2001  | 0,52 e   | 0,51 de  | 0,49 cd  | 0,47 ab   | 0,46 a   | 0,48 bc  | 0,50 cde  |
| Ene. 2002  | 0,53 c   | 0,53 bc  | 0,52 ab  | 0,51 a    | 0,50 a   | 0,51 ab  | 0,52 ab   |
| Marz.2002  | 0,55 ab  | 0,55 b   | 0,55 ab  | 0,52 a    | 0,53 ab  | 0,53 ab  | 0,53 ab   |
| Nov. 2002  | 0,51 c   | 0,50 c   | 0,49 bc  | 0,48 b    | 0,45 a   | 0,49 bc  | 0,50 c    |
| Ene. 2003  | 0,54 c   | 0,52 b   | 0,54 c   | 0,51 b    | 0,50 a   | 0,52 b   | 0,54 c    |
| Marz.2003  | 0,54 abc | 0,55 c   | 0,55 c   | 0,52 a    | 0,54 abc | 0,53 abc | 0,53 abc  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.1.1.9.- Índice Q

La Figura 4.9 muestra un ligero aumento de los valores de este índice a lo largo de los meses tomados en todas las variedades.

Tal como se ha comentado este índice amortigua las diferencias absolutas de sus valores entre sus variedades a diferencia del parámetro **L** en el que sus diferencias son mayores. Como se observa en la Tabla 4.10, en los meses de noviembre el valor de este índice aumenta en el 2000 y luego desciende en el año 2001, para aumentar en el 2002 en todas las variedades. Sin embargo en los meses de enero el valor de las variedades aumenta o disminuye dependiendo de la variedad y del año. En marzo todas las variedades, aumentan sus valores con respecto a enero, salvo en algunos en el año 2001.

Hay diferencias significativas entre las variedades en los meses de noviembre del 2000 y 2001 mientras que, existen en el año 1999 entre cuatro grupos de variedades: el de Marsh, el grupo de Reblush, Shambar y Henderson, el formado por Star Ruby y Ray Ruby y el de la variedad Río Red. En el 2002 presentan diferencias significativas los grupos formados por: Río Red, luego el de Star Ruby y Shambar, entre Henderson y Redblush y por ultimo la variedad Marsh.

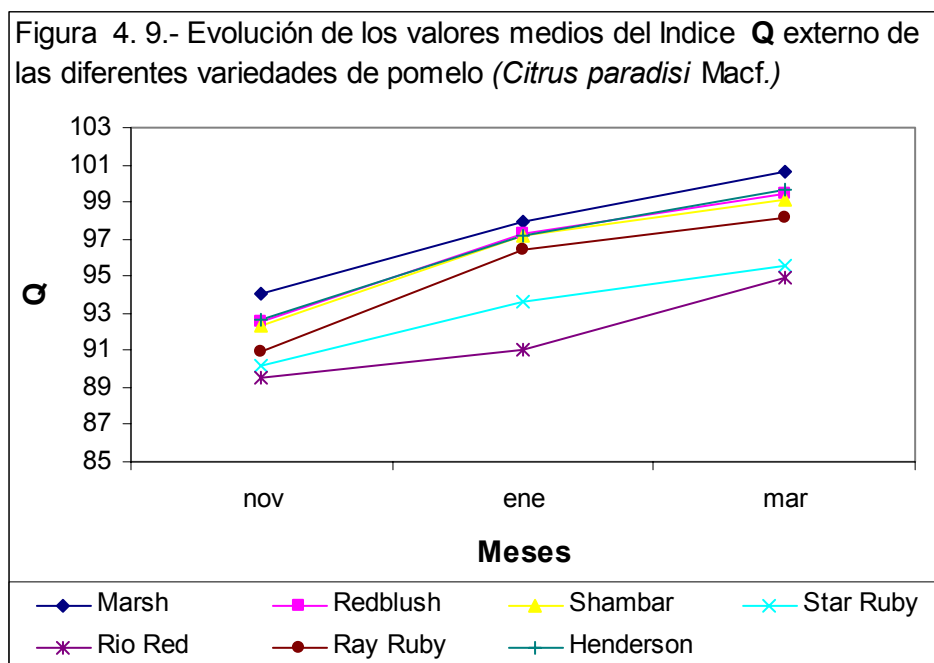
En los meses de enero si se plantean más diferencias que en el mes de noviembre, pero los grupos de variedades varían de unos años a otros. Así en el año 2000 los grupos que tienen diferencias son los formados por Star Ruby y Río Red, frente a las demás variedades.

En los meses de marzo, no se presentan diferencias significativas entre todas las variedades de una forma nítida en las variedades más blanco rosadas, aunque se pueden agrupar, por un lado, Río Red y Star Ruby, luego Ray Ruby, y por último las variedades rosadas. Los valores más altos corresponden a Marsh.

**Tabla.-4.9.:** Evolución del índice **Q** exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| Q exterior | Marsh    | Redblush  | Shambar  | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999  | 83,54 d  | 83,07 c   | 83,13 c  | 82,57 b   | 82,09 a | 82,67 b  | 83,22 c   |
| Ene. 2000  | 95,87 d  | 94,93 bcd | 94,68 bc | 91,15 b   | 88,04 a | 93,96 c  | 95,58 cd  |
| Marz.2000  | 100,55 c | 99,53 bc  | 99,24 bc | 95,44 a   | 95,02 a | 98,15 b  | 99,59 bc  |
| Nov.2000   | 96,13 b  | 95,98 b   | 94,54 ab | 92,86 a   | 93,39 a | 93,03 a  | 96,94 b   |
| Ene. 2001  | 100,23 d | 99,92 d   | 100,01 d | 96,45 b   | 93,51 a | 98,29 c  | 99,80 cd  |
| Marz.2001  | 100,51 c | 99,26 bc  | 98,89 bc | 95,79 a   | 94,83 a | 98,17 b  | 99,58 bc  |
| Nov. 2001  | 94,14 b  | 90,70 a   | 91,88 ab | 90,60 a   | 90,04 a | 91,06 a  | 92,23 ab  |
| Ene. 2002  | 96,52 b  | 95,21 b   | 96,18 b  | 93,15 a   | 91,45 a | 96,58 b  | 95,52 b   |
| Marz.2002  | 100,97 d | 100,00 cd | 99,55 bc | 95,74 a   | 95,03 a | 98,47 b  | 99,90 cd  |
| Nov 2002   | 102,42 e | 100,32 d  | 99,86 cd | 94,77 b   | 92,60 a | 96,76 b  | 98,39 c   |
| Ene. 2003  | 99,26 d  | 99,11 d   | 97,68 c  | 93,94 b   | 91,17 a | 97,07 c  | 97,91 cd  |
| Marz.2003  | 100,95 d | 99,86 cd  | 99,57 c  | 95,29 a   | 95,21 a | 98,15 b  | 99,90 cd  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.1.1.10.- Apreciación visual

En la Figura 4.10 muestra los valores de la apreciación visual en las diversas variedades.

Hay que tener en cuenta que los valores de la Tabla 4.10 son valores subjetivos y la escala, ha de interpretarse siempre por filas y jamás por columnas, teniendo en cuenta que dos mismos valores en filas distintas no significan que tengan el mismo valor objetivo.

En los meses de noviembre, la apreciación visual plantea diferencias, entre diferentes grupos de variedades, variando estos dependiendo de los años. Así en el año 1999 se muestran tres grupos diferenciados, el formado por las variedades más blanco rosadas, Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, las variedades rojizas, Star Ruby y Río Red y el formado por la variedad rojiza Ray Ruby. En el año 2000 estos grupos se reducen a dos, el formado por las variedades más blancas Marsh Redblush, y Shambar, y el formado por las variedades rojizas, que son el resto de ellas. Sin embargo en el año 2001 se plantean diferencias significativas de la variedad Star Ruby con Río Red y Ray Ruby por un lado, con el resto de las variedades en una graduación siendo la más baja la

Marsh. En el 2002 existen diferencias significativas entre los grupos Marsh y Henderson, por un lado, Redblush, Shambar, por otro, el grupo Star Ruby y Río Red.

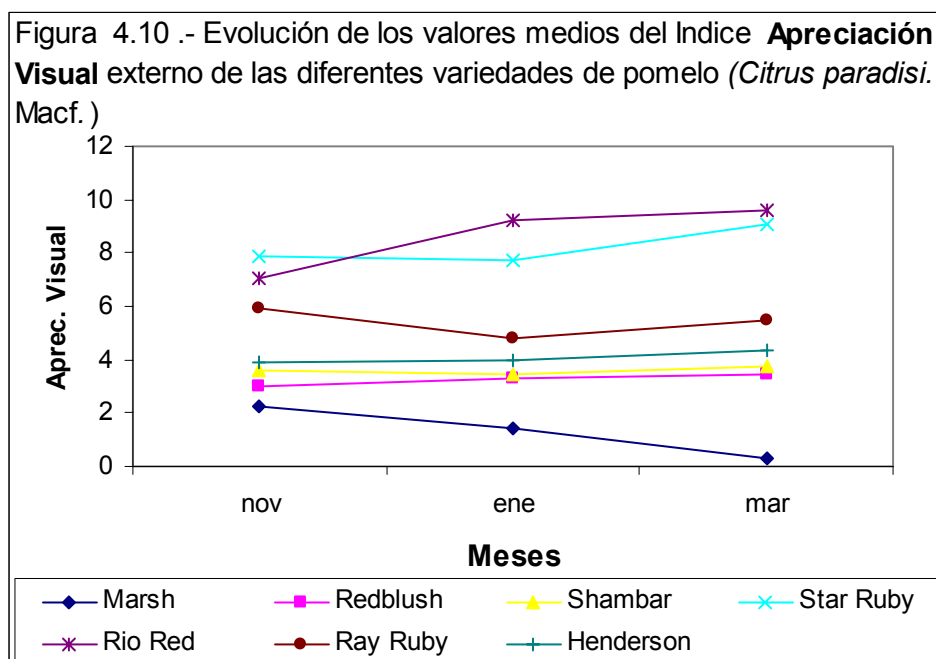
En los meses de enero se observan más diferencias significativas entre variedades, que en el mes de noviembre. En este mes, los grupos que tienen diferencias entre sí son más homogéneos en los diferentes años, y son cuatro. El formado por la variedad más blanca: Marsh, el formado por las blanco rosadas Redblush, Shambar y Henderson, el formado por Ray Ruby que en año 2001 esta asociado al de Río Red, y el grupo de las más rojizas formado por la Star Ruby, que el año 2002 y 2003, esta asociado al Río Red.

En el mes de marzo está el grupo de las variedades rojas Star Ruby y Río Red, luego Ray Ruby le sigue Henderson, que va muy próxima a Redblush y Shambar y por último Marsh.

**Tabla.4.10.:** Evolución de la apreciación visual exterior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| Ap.vis ext | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999  | 2,60 ab | 2,00 a   | 3,40 b  | 7,20 d    | 6,20 d  | 5,00 c   | 3,00 ab   |
| Ene. 2000  | 1,16 a  | 3,82 b   | 4,01 b  | 7,76 d    | 9,27 e  | 5,24 c   | 3,83 b    |
| Marz.2000  | 0,15 a  | 3,37 b   | 3,97 c  | 9,46 e    | 9,64 f  | 5,59 e   | 4,6 d     |
| Nov.2000   | 2,14 a  | 3,53 a   | 3,28 a  | 6,11 bc   | 7,68 c  | 6,05 bc  | 5,65 b    |
| Ene. 2001  | 0,50 a  | 2,81 b   | 2,57 b  | 7,26 d    | 9,82 c  | 4,74 c   | 3,34 b    |
| Marz.2001  | 0,16 a  | 3,39 b   | 3,79 b  | 8,59 d    | 9,51 c  | 5,61 c   | 4,20 b    |
| Nov. 2001  | 1,28 a  | 2,35 ab  | 3,66 bc | 9,48 e    | 6,34 d  | 6,88 d   | 4,27 c    |
| Ene. 2002  | 2,01 a  | 3,68 b   | 3,84 b  | 8,46 c    | 9,92 c  | 4,36 b   | 4,62 b    |
| Marz.2002  | 0,33 a  | 3,60 b   | 3,80 b  | 9,17 d    | 9,52 d  | 5,52 c   | 4,22 b    |
| Nov. 2002  | 3,0 a   | 4,2 b    | 4,12 b  | 8,66 d    | 7,89 d  | 5,92 c   | 2,76 a    |
| Ene. 2003  | 2,06 a  | 3,0 b    | 3,51 bc | 7,37 e    | 8,03 e  | 4,86 d   | 4,19 cd   |
| Marz.2003  | 0,59 a  | 3,33 b   | 3,43 b  | 9,16 d    | 9,67 d  | 5,16 c   | 4,37 c    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.1.2. Regresiones lineales del color externo de los diferentes índices colorimétricos con la apreciación visual, en diferentes meses y años

A continuación se estudian las correlaciones existentes entre los diferentes índices colorimétricos y los datos tomados en la Apreciación visual.

##### **4.1.2.1. Regresión lineal de a/b con apreciación visual.**

En la Tabla 4.11 se pueden ver los coeficientes de correlación lineal entre los índices colorimétricos y la apreciación visual a lo largo de los meses y años tomados. También en las Figuras 4.11 y 4.12 se muestra las rectas de regresión entre el índice **a/b** y la apreciación visual de noviembre de 1999 y enero de 2002, con sus correlaciones lineales.

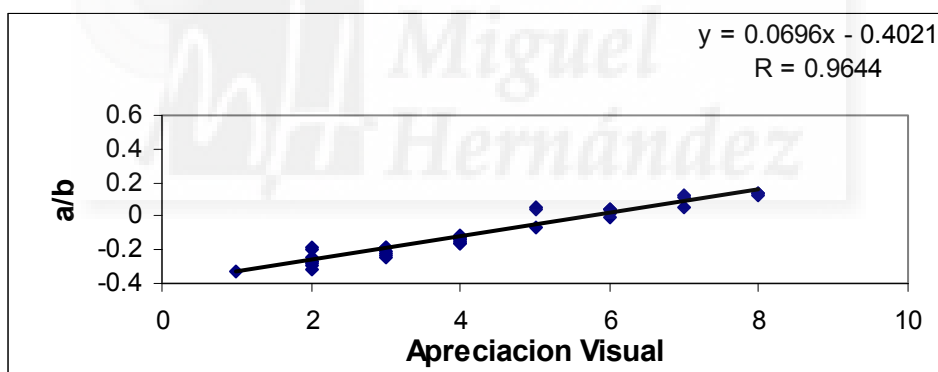
Tal y como se observa en la Tabla 4.11, existe muy buena correlación lineal entre el índice colorimétrico **a/b** y la Apreciación visual, ya que, los coeficientes de correlación oscilan entre  $R=0,9054$  en noviembre del año 2000, y  $R= 0,9644$  en el mes de noviembre de 1999.

**Tabla 4.11.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las rectas de regresión de los índices colorimétricos del exterior del fruto con la apreciación visual de las variedades estudiadas.

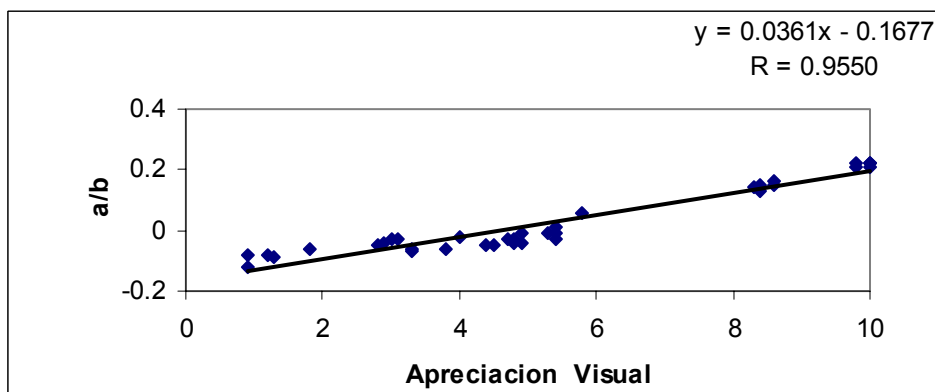
| Fechas    | a/b    | Ic     | C       | S       | H      | Q       |
|-----------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|
| Nov. 1999 | 0,9644 | 0,9638 | -0,7162 | -0,5774 | 0,8001 | -0,6484 |
| Ene. 2000 | 0,9332 | 0,9268 | -0,8758 | -0,6782 | 0,7236 | -0,9182 |
| Marz.2000 | 0,9404 | 0,9351 | -0,7334 | -0,3048 | 0,8496 | -0,8487 |
| Nov.2000  | 0,9054 | 0,9123 | -0,7356 | -0,8363 | 0,5051 | 0,0503  |
| Ene. 2001 | 0,9528 | 0,9472 | -0,9005 | -0,5817 | 0,8565 | -0,8940 |
| Marz.2001 | 0,9379 | 0,9326 | -0,6758 | -0,2171 | 0,8243 | -0,8513 |
| Nov. 2001 | 0,9473 | 0,9310 | -0,7485 | -0,7925 | 0,3610 | 0,2894  |
| Ene. 2002 | 0,9550 | 0,9517 | -0,8580 | -0,4786 | 0,8378 | -0,8747 |
| Marz.2002 | 0,9494 | 0,9415 | -0,7546 | -0,3285 | 0,8493 | -0,8868 |
| Nov. 2002 | 0,9514 | 0,9485 | -0,7597 | -0,6610 | 0,8205 | -0,7364 |
| Ene. 2003 | 0,9456 | 0,9395 | -0,8577 | -0,7309 | 0,8768 | -0,9132 |
| Marz.2003 | 0,9446 | 0,9402 | -0,7314 | -0,3030 | 0,8802 | -0,9103 |

**Figura 4.11.:** Recta de regresión de **a/b** con apreciación visual noviembre.

1999



**Figura 4.12.:** Recta de regresión de **a/b** con apreciación visual enero 2002



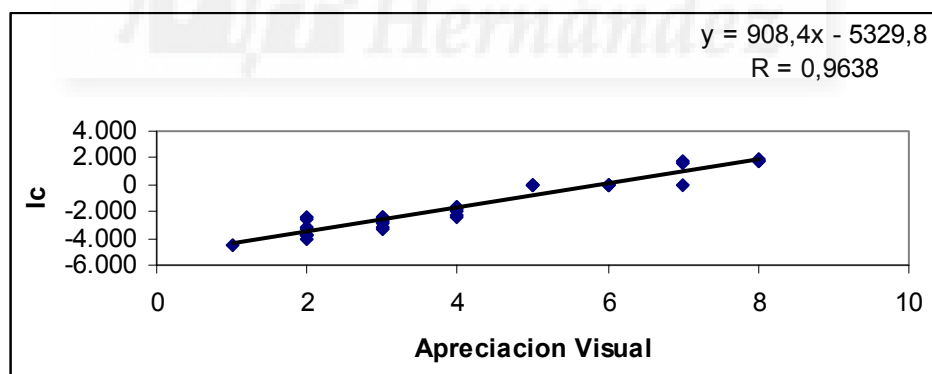


#### 4.1.2.2. Regresión lineal de **Ic** con apreciación visual

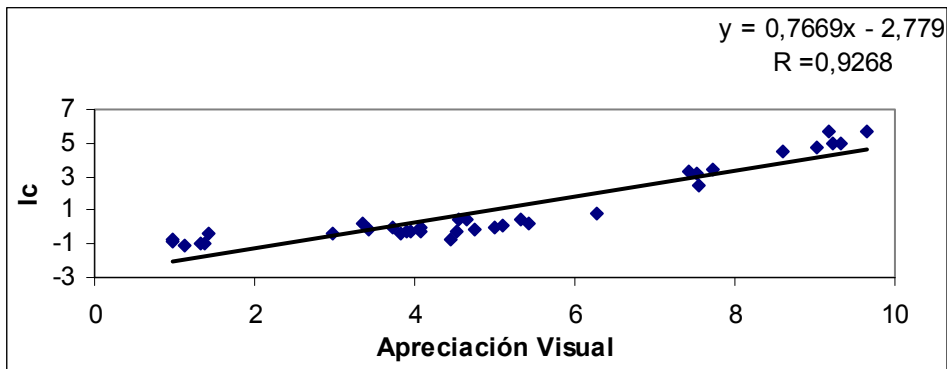
En la Tabla 4.11 se puede ver los coeficientes de correlación lineal entre el índice **Ic** exterior y la apreciación visual a lo largo de los meses y años tomados y en las Figuras 4.13 y 4.14 dos de las rectas de regresión entre los múltiples datos del índice **Ic** y la apreciación visual con sus correlaciones lineales.

Tal y como se observa en la Tabla 4.11, existe una buena correlación lineal entre el índice colorimétrico **Ic** y la apreciación visual en todos los meses, ya que, los coeficientes de correlación, oscilan entre  $R=0,9123$  en noviembre del año 2000, y  $R= 0,9638$  en el mes de noviembre de 1999. Con respecto al anterior índice **a/b**, las diferencias entre uno y otro son pequeñas, a pesar de que en este índice (**Ic**), si se incluye el parámetro **L**, por lo que este parámetro no tiene apenas influencia sobre la apreciación visual.

**Figura 4.13.:** Recta de regresión de **Ic** con apreciación visual nov. 1999



**Figura 4.14.:** Recta de regresión de **Ic** con apreciación visual enero 2000

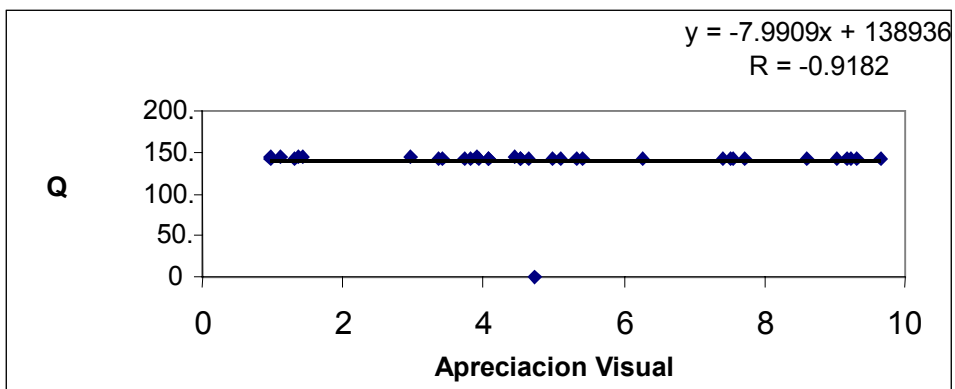


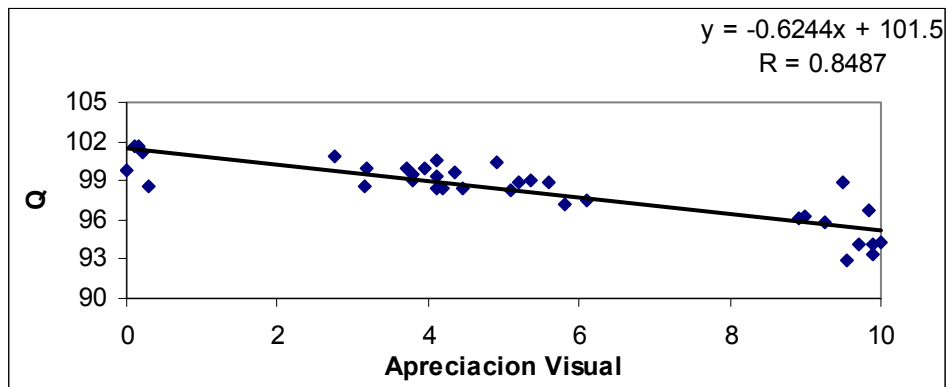
#### 4.1.2.3. Regresión lineal de **Q** con apreciación. visual

Los coeficientes de correlación lineal entre el índice **Q** exterior y la apreciación visual a lo largo de los meses y años tomados, se puede ver en la Tabla 4.11. Las Figuras 4.15 y 4.16 muestran dos de las rectas de regresión entre los numerosos datos del índice **Q** y la apreciación visual con sus correlaciones lineales.

Tal como se observa en la Tabla 4.11, no hay buena correlación lineal entre el índice colorimétrico **Q** y la Apreciación visual, ya que, los coeficientes de correlación, oscilan entre  $R=0,6484$  en noviembre del año 1999, y  $R= 0,9182$  en el mes de marzo de 2000, estando en general por encima del 0,8513.

**Figura 4.15.:** Recta de regresión de **Q** con apreciación visual enero 2000



**Figura 4.16.:** Recta de regresión de Q con apreciación visual marzo 2000

#### 4.1.2.4.- Regresión lineal de C, S y H con apreciación visual

Tal y como se observa en la Tabla 4.11, existe una baja correlación lineal entre estos índices colorimétricos y la apreciación visual en todos los meses, siendo los índices **C** y **H** los que tienen mayores correlaciones con valores medios de 0.7789 y 0.7654 respectivamente seguidos por el índice **S** con un valor medio del coeficiente de correlación de 0.5408.

## **4.2.- COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL COLOR INTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES DE POMELO ( *Citrus paradisi* Macf.)**

### **4.2.1.- Evolución del color interno del fruto**

#### **4.2.1.1 Parámetro L**

En la Figura 4.17 se muestran los valores de la claridad, los cuales varían relativamente poco a lo largo del tiempo, manteniendo una tendencia homogénea en todas las variedades.

En la Tabla 4.12 se observa que en general, disminuyen un poco los valores de este parámetro, en todas las variedades, de los meses de noviembre a enero, mientras que de enero a marzo suben ligeramente, es decir se hacen más luminosos.

En todos los datos del cuadro sus valores son inferiores a 43, que como puede verse en el diagrama cromático de la claridad está por debajo del valor medio. Los valores oscilan entre 28,22 de Star Ruby en noviembre de 2001 al más alto el de la variedad Marsh con 43,12 en noviembre del 2000. Todo ello nos indica que en estas variedades su color interior es algo "apagado", menos "luminoso" que el parámetro L externo, cuyos valores están en torno de 70-75 (Tabla 4.1).

La claridad presenta diferencias significativas en los meses de noviembre, formando cuatro grupos bien definidos, el formado por el Marsh, el constituido por las variedades, Redblush, Shambar y Henderson, el grupo compuesto por Ray Ruby y Río Red y por último, la variedad Star Ruby.

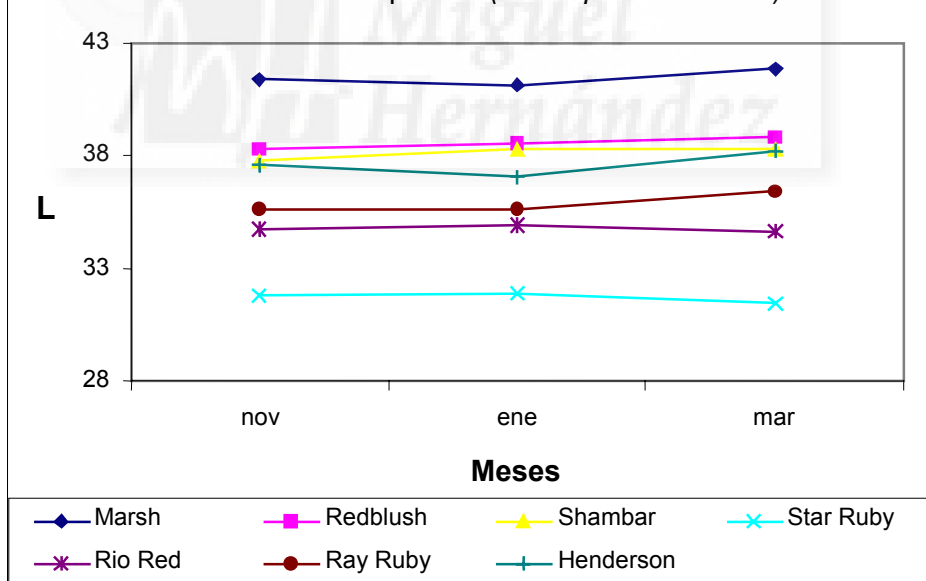
En los meses de enero, se observan diferencias significativas entre los grupos de variedades: la blanca Marsh, las rosadas Redblush, Shambar y Henderson y las rojizas Ray Ruby y Río Red, que dependiendo de los años están agrupadas o muestran diferencias significativas entre sí y Star Ruby que es diferente a estas dos. En el mes de marzo se suelen observar diferencias significativas entre todas las variedades, excepto Shambar y Henderson, que no difieren entre ellas, pero sí entre las demás.

**Tabla 4.12.:** Evolución del parámetro **L** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| L interior | Marsh   | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby | Henderson |
|------------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999  | 42,43 e | 40,40 d  | 40,10 d  | 35,39 a   | 36,53 ab | 37,94 bc | 39,26 cd  |
| Ene. 2000  | 41,66 f | 40,07 e  | 38,92 de | 33,78 a   | 35,65 b  | 36,86 c  | 38,33 d   |
| Marz.2000  | 42,19 e | 38,74 d  | 38,45 d  | 31,57 a   | 35,15 b  | 36,13 c  | 38,24 d   |
| Nov.2000   | 43,12 e | 39,26 d  | 38,25 cd | 32,08 a   | 35,64 b  | 36,34 b  | 38,04 c   |
| Ene. 2001  | 41,96 e | 38,78 d  | 38,03 cd | 31,40 a   | 35,74 b  | 36,61 bc | 36,82 bc  |
| Marz.2001  | 41,83 f | 39,10 e  | 38,33 d  | 31,37 a   | 34,47 b  | 36,24 c  | 38,18 d   |
| Nov. 2001  | 39,62 d | 36,00 c  | 35,04 c  | 28,22 a   | 32,33 b  | 33,00 b  | 35,32 c   |
| Ene. 2002  | 39,74 e | 37,48 cd | 37,81 d  | 30,56 a   | 33,66 b  | 33,91 b  | 35,76 c   |
| Marz.2002  | 41,48 e | 38,31 d  | 38,18 d  | 31,28 a   | 34,18 b  | 36,84 c  | 37,78 cd  |
| Nov. 2002  | 40,29 d | 37,71 c  | 37,75 c  | 31,61 a   | 34,54 b  | 35,11 b  | 37,73 c   |
| Ene. 2003  | 41,04 e | 37,77 cd | 38,41 d  | 31,89 a   | 34,65 b  | 35,21 b  | 37,45 c   |
| Marz.2003  | 42,03 f | 39,10 e  | 38,43 d  | 31,73 a   | 34,84 b  | 36,38 c  | 38,75 de  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4.17 .-Evolución de los valores medios del índice **L** interno de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.2.1.2. Parámetro a

En la Figura 4.18 se aprecia que hay una propensión a mantener el valor medio en los cuatro años, y que los valores más verdes (negativos) los tienen las variedades blancas y rosadas y los valores positivos (sin verde) los tienen las variedades rojizas.

Se puede observar, en la Tabla 4.13 que la variación de valores oscila en valores por debajo de cero, como en Marsh, a valores de 9,04 en Star Ruby. Por ello, el valor del parámetro **a** oscila con márgenes pequeños alrededor del cero en Redblush, Shambar y Henderson, mientras que en las otras variedades está con valores positivos.

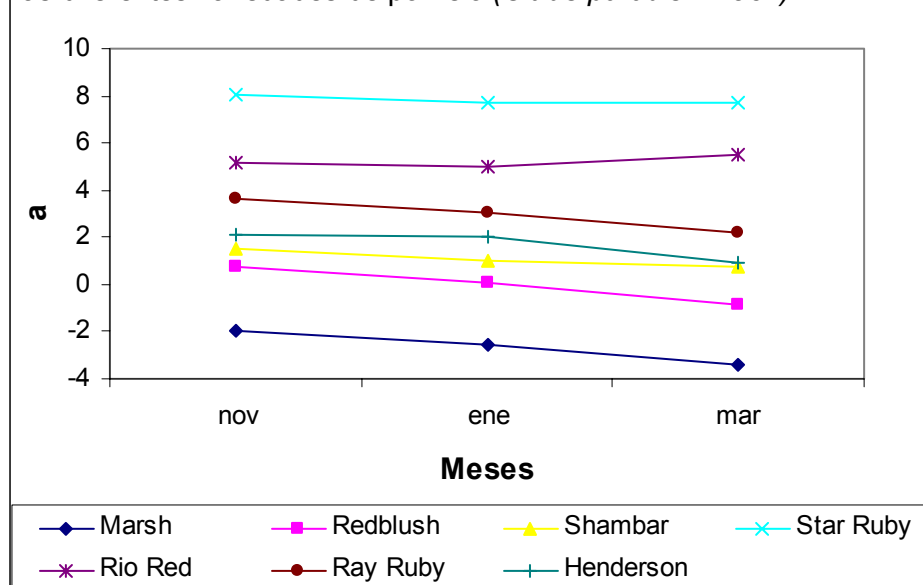
En todos los meses, la variedad Marsh, es la única con valores negativos. En las demás variedades hay una cierta tendencia a disminuir el valor del parámetro **a** a lo largo del tiempo. El orden de las otras variedades de menor a mayor es Redblush, seguido muy de cerca por Shambar y Henderson, no habiendo diferencias significativas en algunos casos entre ellas, y luego, ya con diferencias significativas, con estas tres y entre ellas, están Ray Ruby, Río Red y Star Ruby.

**Tabla.-4.13.:** Evolución del parámetro **a** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>a. interior</b> | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|--------------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999          | -2,39 a | 0,40 b   | 0,72 bc | 6,72 f    | 4,06 e  | 2,55 d   | 1,87 cd   |
| Ene. 2000          | -2,77 a | -0,72 b  | 0,04 bc | 6,74 f    | 4,41 e  | 2,22 d   | 0,87 c    |
| Marz.2000          | -3,52 a | -0,71 b  | 0,70 c  | 7,62 g    | 5,67 f  | 2,32 e   | 1,25 d    |
| Nov.2000           | -2,34 a | 1,52 b   | 2,52 c  | 9,04 f    | 6,05 e  | 4,06 d   | 3,16 c    |
| Ene. 2001          | -2,43 a | 0,59 b   | 1,77 bc | 7,90 e    | 4,66 d  | 2,58 c   | 3,14 cd   |
| Marz.2001          | -3,28 a | -0,74 b  | 0,72 c  | 7,74 f    | 5,20 e  | 2,25 d   | 0,91 c    |
| Nov. 2001          | -1,83 a | 0,86 b   | 1,95 bc | 8,82 f    | 5,86 e  | 4,32 d   | 2,34 c    |
| Ene. 2002          | -2,34 a | 0,71 b   | 1,88 c  | 8,59 g    | 6,43 f  | 4,06 e   | 2,99 d    |
| Marz.2002          | -3,24 a | -1,09 b  | 0,65 c  | 7,41 f    | 5,45 e  | 1,90 d   | 0,36 c    |
| Nov. 2002          | -1,22 a | 0,35 b   | 0,78 b  | 7,62 d    | 4,68 c  | 3,62 c   | 1,23 b    |
| Ene. 2003          | -2,69 a | -0,18 b  | 0,23 bc | 7,47 f    | 4,47 e  | 3,25 d   | 1,01 c    |
| Marz.2003          | -3,54 a | -0,91 a  | 0,77 b  | 7,99 d    | 5,69 d  | 2,30 c   | 1,06 b    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4.18 .- Evolución de los valores medios del Índice **a** interno de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.2.1.3. Parámetro **b**

En la Figura 4.19 se aprecia una tendencia creciente en los valores de este parámetro, a lo largo de la maduración.

Se observa en la Tabla 4.14 que los valores de este parámetro oscilan entre 11,01 de la variedad Marsh, el más amarillento en enero del 2000 y el valor 6,94 de la variedad Río Red, en noviembre del 2001. Todos ellos como puede verse en el diagrama cromático de la Figura 1.10, oscilan entre tonos con valores grises amarillentos bastante parecidos entre sí, es decir que en valores absolutos este parámetro varía poco, aunque luego si hay diferencias significativas entre las distintas variedades, lo que significa que son muy homogéneos los valores de esta parámetro en los frutos dentro de cada variedad.

En los meses de noviembre, las variaciones de los valores en cada variedad entre los distintos años son pequeñas, así por ejemplo la variedad Marsh la diferencia de valores entre el año 1999 y el año 2001 es de 2,33 y los de la variedad Shambar 0,79 etc.

En los meses de enero se puede observar que, análogamente a como sucede con los meses de noviembre, las diferencias entre los valores de la misma variedad es

pequeña, como, por ejemplo, la variedad Redblush tiene una diferencia de 1,41 mientras que Ray Ruby con 1,68 etc.

En marzo las diferencias en Marsh son de 0,56 y Río Red de 0,08

En los meses de noviembre, el parámetro **b** muestra que las diferencias significativas entre sus variedades, forman en general, dos grupos amplios. Uno el constituido por Marsh, Redblush, Shambar, Star Ruby y Henderson, y el otro grupo formado por Río Red y Ray Ruby.

En los meses de enero se plantean también diferencias significativas entre sus variedades, y podemos hablar de dos grupos similares a los del apartado anterior.

En marzo podemos hablar de tres grupos, uno formado por Marsh y Redblush, otro por Río Red y un intermedio con las otras cuatro variedades.

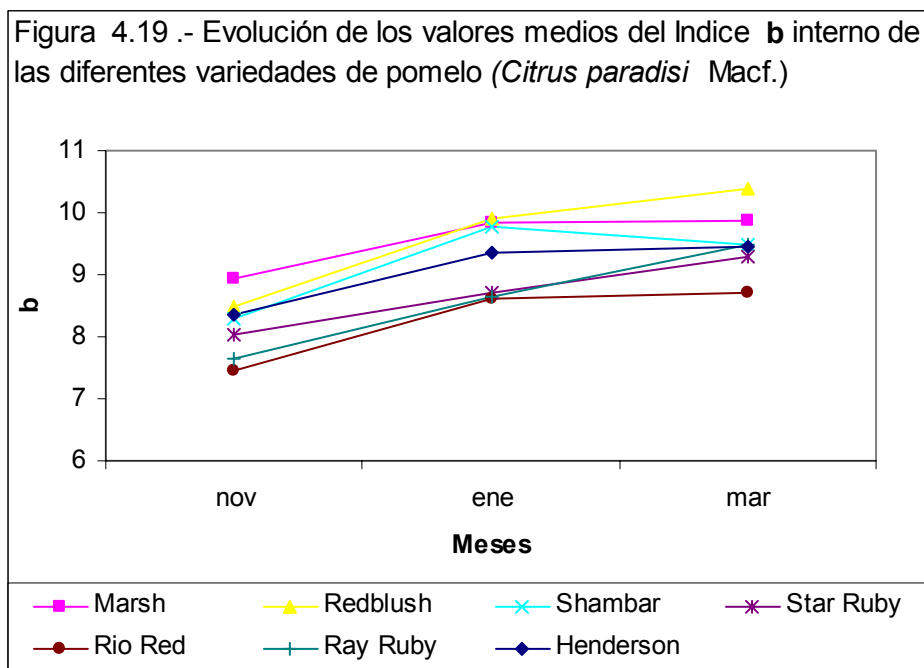
A diferencia de los valores de **b** externo (Tabla 4.3) estos valores vienen a ser la cuarta parte o quinta parte de aquellos.

**Tabla .-4.14.:** Evolución del parámetro **b** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>b</b> interior | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|-------------------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999         | 9,94 d   | 9,28 d   | 8,67 cd  | 8,67 bc   | 7,75 a  | 8,22 ab  | 8,94 c    |
| Ene. 2000         | 11,01 d  | 10,63 cd | 10,43 cd | 9,16 a    | 8,95 a  | 9,48 ab  | 10,03 bc  |
| Marz.2000         | 10,09 c  | 10,70 d  | 9,57 b   | 9,26 b    | 8,7 a   | 9,61 bc  | 9,74 bc   |
| Nov.2000          | 8,5 d    | 8,22 cd  | 7,88 bc  | 7,92 c    | 7,27 a  | 7,45 ab  | 7,9 c     |
| Ene. 2001         | 9,06 ab  | 9,64 b   | 9,29 ab  | 8,78 a    | 8,73 a  | 8,76 a   | 8,99 a    |
| Marz.2001         | 9,86 cd  | 10,40 d  | 9,72 bc  | 9,26 b    | 8,68 a  | 9,48 bc  | 9,72 bc   |
| Nov. 2001         | 7,61 c   | 7,87 cd  | 8,07 d   | 7,45 bc   | 6,94 a  | 7,09 ab  | 8,12 d    |
| Ene. 2002         | 8,76 bc  | 9,52 d   | 9,52 d   | 8,41 b    | 8,53 b  | 7,80 a   | 9,14 cd   |
| Marz.2002         | 9,53 b   | 10,16 c  | 9,16 b   | 9,34 b    | 8,69 a  | 9,30 b   | 9,31 b    |
| Nov. 2002         | 8,93 c   | 8,51 bc  | 8,61 c   | 8,05 ab   | 7,81 a  | 7,78 a   | 8,42 bc   |
| Ene. 2003         | 10,56 c  | 9,84 b   | 9,87 b   | 8,54 a    | 8,19 a  | 8,51 a   | 9,30 b    |
| Marz.2003         | 10,04 cd | 10,33 d  | 9,46 b   | 9,26 bc   | 8,76 a  | 9,62 bc  | 9,06 bc   |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%





#### 4.2.1.4. Índice a/b

En el Figura 4.20 y la Tabla 4.15 se aprecia una ligera tendencia descendente a lo largo del tiempo, en todas las variedades.

El hecho de dividir **a** entre **b** nos da unos valores cercanos al cero por lo que en este cuadro podemos observar unas diferencias absolutas muy pequeñas entre los valores de cada variedad en los diferentes meses. Las diferencias más pequeñas en los meses de noviembre las tiene la variedad Marsh, con 0,03 y la más elevada con 0,41 la Star Ruby. En los meses de enero la diferencia más pequeña la tiene la variedad Marsh y la Redblush, con 0,01 y la más alta la variedad Star Ruby con 0,36. El signo negativo del valor de algunas variedades (Marsh y Redblush) nos indica la influencia en este índice del signo negativo del parámetro **a** cuando tiene tonos verdosos.

En los meses de marzo los valores mayores los tienen las variedades rojas Star Ruby y Río Red y van disminuyendo hasta las variedades más rosadas y la blanca.

Las diferencias significativas en todas las variedades, varían de manera análoga, en todos los meses estudiados.

Estadísticamente las variedades se pueden separar fácilmente, excepto en las rosadas, Redblush y Shambar que no suelen diferir entre sí en numerosas ocasiones al

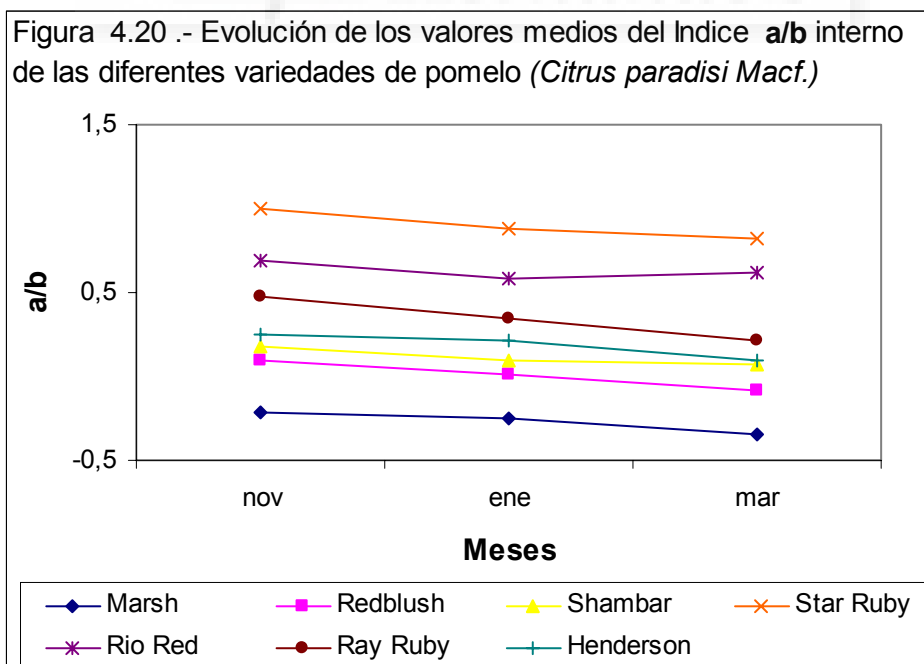
igual que Shambar y Henderson. Luego están Ray Ruby, Río Red y Star Ruby, que en numerosas ocasiones difieren entre sí.

A diferencia de los valores de **a/b** externo, (Figura 4.4), se observa en el Figura 4.14 una menor dispersión de los datos.

**Tabla.-4.15.:** Evolución del Índice **a/b** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| <b>a/b inter.</b> | Marsh   | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|-------------------|---------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999         | -0,24 a | 0,04 b   | 0,08 ab  | 0,77 e    | 0,52 e  | 0,31 c   | 0,20 cd   |
| Ene. 2000         | -0,25 a | -0,06 b  | 0,004 bc | 0,74 f    | 0,50 e  | 0,23 d   | 0,08 c    |
| Marz.2000         | -0,33 a | -0,06 b  | 0,07 c   | 0,82 f    | 0,65 e  | 0,24 d   | 0,13 c    |
| Nov.2000          | -0,27 a | 0,18 b   | 0,32 c   | 1,14 f    | 0,83 e  | 0,54 d   | 0,40 c    |
| Ene. 2001         | -0,26 a | 0,06 b   | 0,19 bc  | 0,90 e    | 0,54 d  | 0,29 c   | 0,35 cd   |
| Marz.2001         | -0,33 a | -0,07 b  | 0,07 c   | 0,83 f    | 0,59 e  | 0,23 d   | 0,09 c    |
| Nov. 2001         | -0,23 a | 0,11 b   | 0,24 b   | 1,18 e    | 0,84 d  | 0,61 c   | 0,28 b    |
| Ene. 2002         | -0,26 a | 0,07 b   | 0,20 c   | 1,02 g    | 0,75 f  | 0,52 e   | 0,32 d    |
| Marz.2002         | -0,34 a | -0,10 b  | 0,07 c   | 0,79 f    | 0,63 e  | 0,20 d   | 0,03 c    |
| Nov. 2002         | -0,14 a | 0,04 b   | 0,09 b   | 0,94 d    | 0,59 c  | 0,46 c   | 0,14 b    |
| Ene. 2003         | -0,25 a | -0,01 b  | 0,02 bc  | 0,88 f    | 0,54 e  | 0,38 d   | 0,11 c    |
| Marz.2003         | -0,35 a | -0,08 b  | 0,08 b   | 0,86 c    | 0,64 b  | 0,24 b   | 0,11 b    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.2.1.5.- Índice $I_c$

Al igual que en el índice  $a/b$ , el índice de color  $I_c$  (Figura 4.21) muestra, en general, una ligera tendencia descendente de noviembre a marzo, más claramente que el índice anterior, por la introducción del parámetro  $L$  en la fórmula. También en la Tabla 4.16 se observa que en general, disminuyen los valores de este índice, en todas las variedades, del mes de noviembre a marzo.

A diferencia del índice  $a/b$  en los meses de noviembre las variaciones de los valores absolutos, en cada variedad entre los diferentes años tomados son más elevados. Los valores más pequeños los tiene la variedad Marsh con  $-8,46$  y el más alto Star Ruby, con  $41,95$ . En los meses de enero las diferencias son un poco menores, así, el valor más pequeño lo tiene Marsh con  $-6,75$  y el más elevado, nuevamente Star Ruby, con  $33,38$ . En marzo el valor más pequeño lo tiene la variedad Marsh con  $-8,46$  y el valor más elevado Star Ruby con  $27,19$ . El signo negativo del valor de algunas variedades (Marsh y Redblush) nos indica la influencia en este índice del signo negativo del parámetro  $a$  cuando tiene tonos verdosos, como pasaba igualmente, en el índice calorimétrico  $a/b$  exterior anteriormente estudiado.

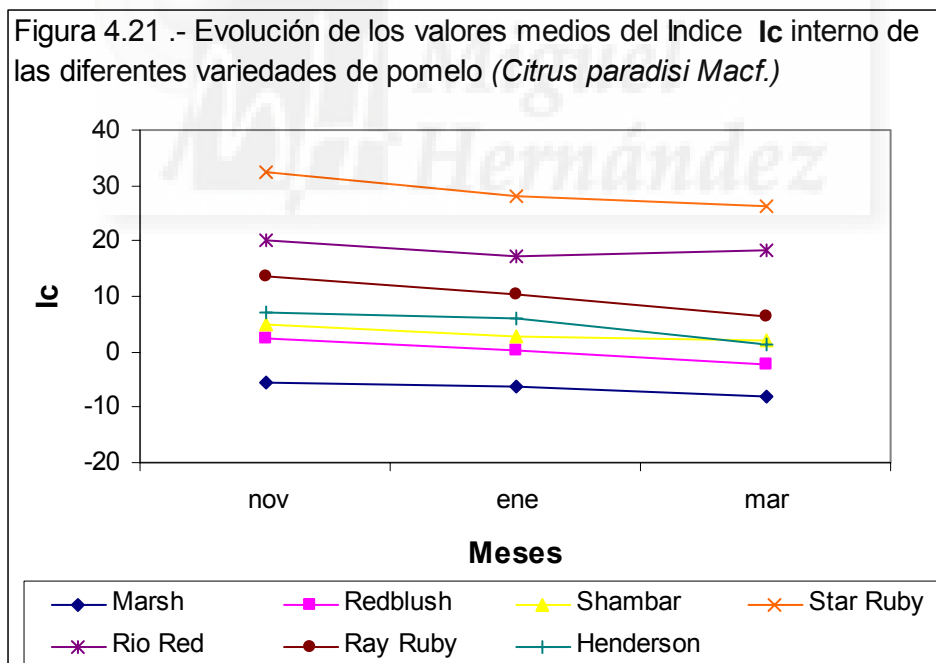
Al igual que en el índice  $a/b$  se forman grupos similares en todos los meses, en función de las diferencias significativas entre ellos. Así, existen diferencias entre las variedades Marsh y el resto; hay un grupo formado por las variedades Redblush, Shambar y Henderson, que se comportan de una manera similar, aunque hay diferencias entre Redblush y Henderson y por otro lado Ray Ruby, Río Red y Star Ruby con diferencias significativas entre ellas.

Al ser los valores de  $L$  y  $b$  interno bastante más bajos que los externos (Tabla 4.5), y al ir en el denominador de la fórmula del índice, los valores de Star Ruby son muchísimo mayores que los externos, lo cual no quiere decir que el color interno de Star Ruby sea cuarenta veces más intenso que en el externo. Los índices hay que considerarlos como lo que son.

**Tabla.-4.16.:** Evolución del Índice **Ic** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>Ic inter</b> | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|-----------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999       | -5,67 a | 1,13 b   | 2,08 b  | 22,03 e   | 14,33 d | 8,18 c   | 5,33 bc   |
| Ene. 2000       | -6,04 a | -1,66 b  | 0,14 bc | 22,10 f   | 14,14 e | 6,41 d   | 2,29 c    |
| Marz.2000       | -7,87 a | -1,72 b  | 1,94 c  | 26,08 f   | 18,41 e | 6,68 d   | 3,36 c    |
| Nov.2000        | -6,40 a | 4,80 b   | 8,48 c  | 35,60 f   | 23,35 e | 15,05 d  | 10,57 c   |
| Ene. 2001       | -6,41 a | 1,64 b   | 5,17 bc | 28,66 e   | 15,77 d | 8,05 c   | 9,98 c    |
| Marz.2001       | -7,98 a | -1,79 b  | 1,99 c  | 26,66 f   | 17,42 e | 6,58 d   | 2,49 c    |
| Nov. 2001       | -6,04 a | 3,10 b   | 6,96 b  | 41,95 e   | 26,57 d | 18,52 c  | 8,17 b    |
| Ene. 2002       | -6,75 a | 2,00 b   | 5,29 c  | 33,38 g   | 22,68 f | 15,38 e  | 9,25 d    |
| Marz.2002       | -8,20 a | -2,81 b  | 1,88 c  | 25,38 f   | 18,40 e | 5,63 d   | 2,81 c    |
| Nov. 2002       | -3,73 a | 1,16 b   | 2,61 b  | 30,08 d   | 17,32 c | 13,25 c  | 4,04 b    |
| Ene. 2003       | -6,21 a | -0,47 b  | 0,66 b  | 27,66 e   | 15,92 d | 11,00 c  | 2,96 b    |
| Marz2003        | -8,46 a | -2,23 b  | 2,12 c  | 27,19 f   | 18,64 e | 6,60 d   | 2,85 c    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.2.1.6.- Índice C

En el Croma, se aprecia claramente (Figura 4.22), que hay una manifiesta diferencia entre el Star Ruby y el resto de las variedades. Como se observa, la tendencia del Croma es a aumentar de forma paulatina a lo largo del tiempo, en todas las variedades.

En la tabla 4.17 se observa un aumento los valores de este índice, en todas las variedades, de los meses de noviembre a marzo.

En los meses de noviembre las variaciones de los valores absolutos en cada variedad de los diferentes años tomados están en torno a 2.

En el mes de noviembre de 1999 los valores del croma son superiores a los de noviembre de los demás años, en las variedades blanco rosadas, Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, y en la variedad rojiza Ray Ruby, mientras que las variedades rojas Star Ruby y Río Red, aumentan sus valores con respecto a los del año 1999.

En el mes de enero las variedades Marsh, Redblush, Shambar, Henderson y Ray Ruby disminuyen sus valores respecto a los del 2000, menos en las variedades Star Ruby y Río Red que aumentan en casi todos los casos.

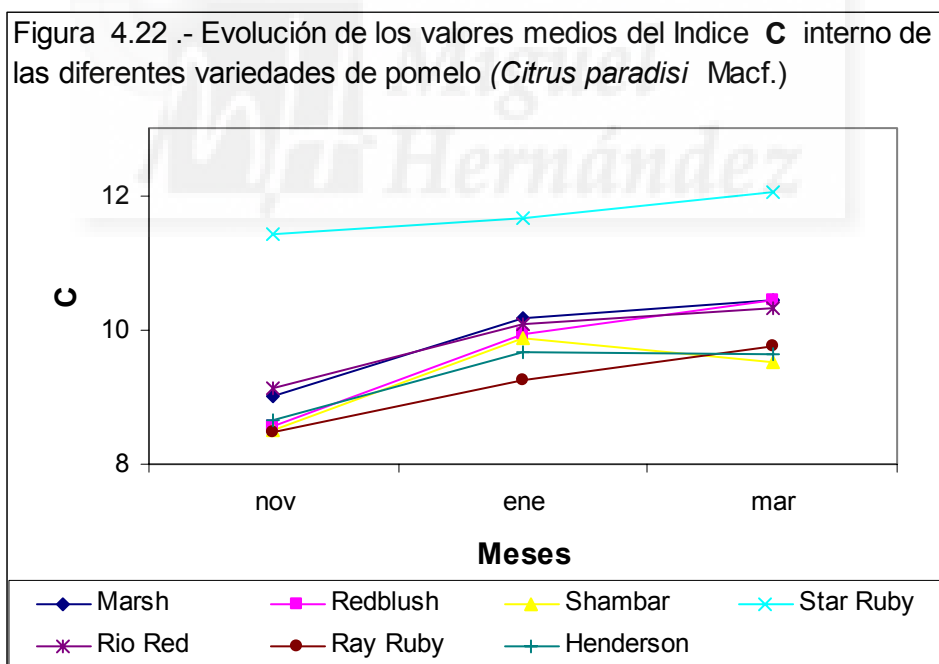
En general en los meses de marzo, varían muy poco sus valores de unos años a otros, en todas las variedades.

En todos los meses se observan diferencias significativas entre Star Ruby y las demás variedades.

**Tabla.-4.17.:** Evolución del Índice C interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

| C inter.  | Marsh   | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby | Henderson |
|-----------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999 | 10,22 c | 9,29 b   | 8,72 a   | 10,98 d   | 8,75 ab  | 8,60 a   | 9,14 bc   |
| Ene. 2000 | 11,35 a | 10,66 c  | 10,44 bc | 11,41 d   | 10,06 ab | 9,75 a   | 10,07 ab  |
| Marz.2000 | 10,64 b | 10,73 b  | 9,60 a   | 12,00 c   | 10,46 b  | 9,89 a   | 9,82 a    |
| Nov.2000  | 8,81 a  | 8,38 a   | 8,29 a   | 12,02 c   | 9,47 b   | 8,49 a   | 8,52 a    |
| Ene. 2001 | 9,38 ab | 9,69 bc  | 9,48 ab  | 11,81 d   | 10,14 c  | 9,13 a   | 9,64 abc  |
| Marz.2001 | 10,39 b | 10,44 b  | 9,76 a   | 12,07 c   | 10,15 ab | 9,74 a   | 9,77 a    |
| Nov. 2001 | 7,83 a  | 8,02 a   | 8,31 a   | 11,54 c   | 9,23 b   | 8,30 a   | 8,45 ab   |
| Ene. 2002 | 9,07 ab | 9,55 bc  | 9,72 c   | 12,02 e   | 10,71 d  | 8,80 a   | 9,64 bc   |
| Marz.2002 | 10,06 b | 10,22 b  | 9,19 a   | 11,93 c   | 10,26 b  | 9,50 a   | 9,32 a    |
| Nov. 2002 | 9,21 b  | 8,55 a   | 8,71 ab  | 11,10 c   | 9,11 ab  | 8,59 a   | 8,55 a    |
| Ene. 2003 | 10,90 c | 9,86 b   | 9,88 b   | 11,37 c   | 9,40 ab  | 9,31 a   | 9,37 ab   |
| Marz.2003 | 10,66 b | 10,38 ab | 9,51 a   | 12,23 c   | 10,46 ab | 9,89 ab  | 9,66 a    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.2.1.7. Índice H

La Figura 4.23 muestra una clara tendencia en los valores negativos en la variedad Marsh y el resto de las variedades que tienen valores positivos, excepto Redblush que tiene valores positivos o negativos en enero, siendo su media positiva, como muestra la Figura 4.23 mientras que en marzo tiene sus valores negativos.

En los meses de noviembre, todas las variedades, excepto Marsh muestran valores más bajos respecto a los del año 1999. Sin embargo la variedad, Marsh aumenta en noviembre de 2001.

En los meses de enero las variedades que descienden sus valores del 2000 al 2003, son, Star Ruby, Río Red, Ray Ruby y Henderson. Shambar aumenta respecto al 2000, pero baja en el 2003.

Las diferencias significativas que plantean estas variedades en noviembre, varían en función del año. Así, en el 2000 todas las variedades tienen diferencias significativas entre sí. Sin embargo en el resto de los años Marsh tiene diferencias con todo el resto de variedades.

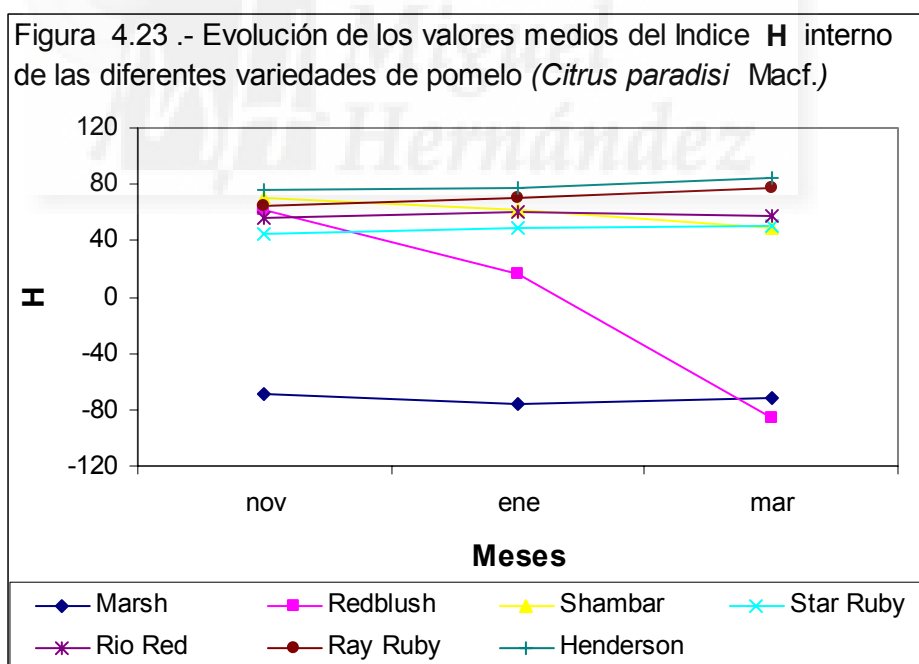
En los meses de enero, también hay diferencias significativas entre variedades, en general Marsh, se distingue claramente del resto, excepto en el 2000 y 2003 que no difiere de Redblush. En el año 2001 las diferencias se plantean entre la variedad Marsh y el grupo constituido por el resto de las variedades, mientras que en el año 2002, existen diferencias entre todas las variedades. En el 2003, existen dos grupos con diferencias significativas; el formado por Marsh y Redblush, y el formado por el resto de las variedades.

En marzo, en general existen diferencias entre el grupo formado por Marsh y Redblush, y el resto de las variedades.

**Tabla.-4.18.:** Evolución del Índice **H** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| <b>H</b> inter. | Marsh    | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby | Henderson |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999       | -76,45 a | 87,42 f  | 85,25 ef | 52,23 b   | 62,36 c  | 72,74 d  | 78,20 de  |
| Ene. 2000       | -75,86 a | -86,17 a | 71,71 b  | 53,66 bc  | 63,85 bc | 76,78 c  | 84,99 c   |
| Marz.2000       | -71,62 a | -86,18 a | 49,76 b  | 50,54 b   | 57,19 b  | 76,44 b  | 82,65 b   |
| Nov.2000        | -74,55 a | 79,45 f  | 72,17 e  | 41,23 b   | 50,47 c  | 61,37 d  | 68,16 e   |
| Ene. 2001       | -74,93 a | 50,38 b  | 78,99 b  | 48,00 b   | 62,61 b  | 73,56 b  | 70,75 b   |
| Marz.2001       | -71,54 a | -86,00 a | 49,65 b  | 50,11 b   | 59,26 b  | 76,61 b  | 84,57 b   |
| Nov. 2001       | -76,52 a | 47,71 bc | 76,33 c  | 40,19 b   | 51,23 bc | 58,66 bc | 73,91 bc  |
| Ene. 2002       | -74,97 a | 85,71 g  | 78,69 f  | 44,45 b   | 53,02 c  | 62,52 d  | 71,84 e   |
| Marz.2002       | -71,21 a | -83,84 a | 49,88 b  | 51,55 b   | 57,85 b  | 78,38 b  | 87,78 b   |
| Nov. 2002       | -45,67 a | 33,56 b  | 48,62 b  | 46,58 b   | 59,15 b  | 65,07 b  | 81,60 b   |
| Ene. 2003       | -75,69 a | -52,97 a | 46,57 b  | 48,82 bc  | 61,72 bc | 68,97 bc | 83,70 c   |
| Marz.2003       | -70,44 a | -85,02 a | 49,33 b  | 49,22 b   | 57,07 b  | 76,50 b  | 83,68 b   |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%





#### 4.2 1.8.- Índice S

En la Figura 4.24 se pone de manifiesto que hay una notable diferencia entre el Star Ruby y el resto de las variedades como sucede en el Cromo, siendo también su tendencia a aumentar ligeramente.

En los meses de noviembre las variaciones de los valores en cada variedad (Tabla 4.19) entre los diferentes años tomados son bastante pequeñas. Las diferencias más pequeñas la tiene la variedad Henderson con 0,01 y la más grande la variedad Star Ruby con 0,10. En los meses de enero las diferencias más pequeñas las tienen las variedades Redblush, Shambar y Ray Ruby, mientras que la diferencia mayor la tiene Star Ruby. Henderson tiene valores casi iguales en los tres años. En los meses de marzo, las diferencias entre los diferentes años son, prácticamente inexistentes en todas las variedades.

En los meses de noviembre la variedad Marsh es la única en la que descienden sus valores del año 1999 al 2001, para aumentar ligeramente en el 2002. Las variedades Redblush y Henderson, disminuyen sus valores en el 2000 y suben en el 2001. El resto de las variedades suben sus valores de 1999 al 2002.

En los meses de enero, el comportamiento es diferente. Marsh, baja su valor en el 2001, para permanecer constante en el 2002, y subir en el 2003. Las variedades Shambar y Redblush, disminuyen sus valores en el 2001 y aumentan hasta el 2003. Las variedades Star Ruby y Río Red, aumentan sus valores del 2000 al 2003. La variedad Ray Ruby, en los dos primeros años tiene valores constantes y luego disminuyen. Henderson mantiene sus valores constantes en los tres primeros años, bajando ligeramente el último.

En los meses de noviembre se plantean diferencias significativas entre varios grupos de variedades. El formado por Marsh, Redblush y Shambar, el grupo de Ray Ruby Henderson y Río Red, y por último el de Star Ruby. En el año 1999 se incorpora al grupo de Ray Ruby y Henderson la variedad Río Red.

En los meses de enero de los años 2001 y 2002 hay diferencias significativas entre sí en las variedades Marsh, Star Ruby y Río Red, frente al grupo formado por Redblush, Shambar, Ray Ruby y Henderson. En enero del 2000 y 2003 solo presentan

diferencias significativas Star Ruby frente al resto de las variedades, siendo Henderson la que tiene el valor más bajo.

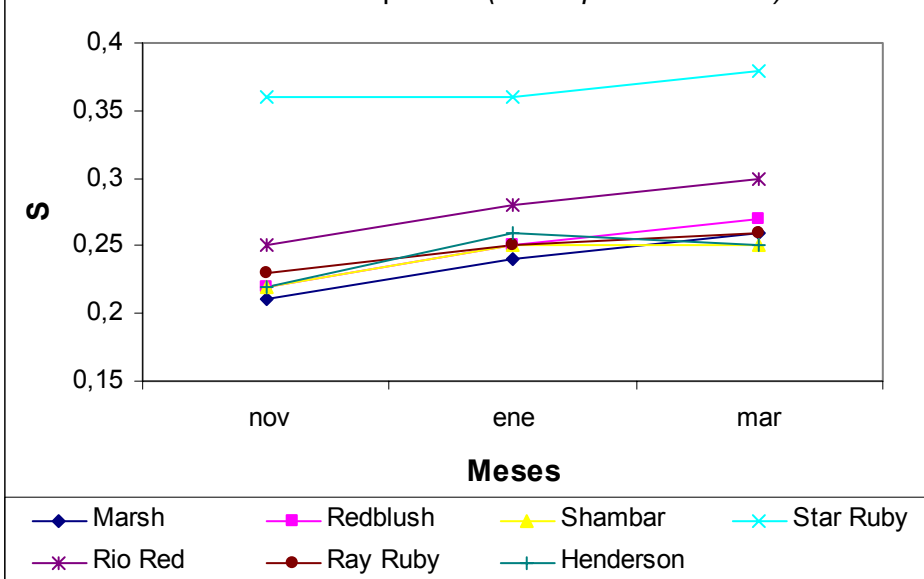
En marzo, las variedades Star Ruby y Río Red suelen tener diferencias significativas entre sí y con el grupo formado por el resto de variedades, siendo en esta mes, la variedad Marsh la que tiene los valores más bajos.

**Tabla.-4.19.:** Evolución del Índice S interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| S inter.  | Marsh   | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|-----------|---------|----------|----------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999 | 0,24 b  | 0,23 ab  | 0,21 a   | 0,31 c    | 0,23 b  | 0,22 ab  | 0,23 ab   |
| Ene. 2000 | 0,27 ab | 0,26 a   | 0,26 ab  | 0,33 c    | 0,28 b  | 0,26 a   | 0,26 a    |
| Marz.2000 | 0,25 a  | 0,28 b   | 0,25 a   | 0,38 d    | 0,30 c  | 0,27 b   | 0,25 a    |
| Nov.2000  | 0,20 a  | 0,21 ab  | 0,21 abc | 0,37 e    | 0,26 d  | 0,23 c   | 0,22 bc   |
| Ene. 2001 | 0,22 a  | 0,24 b   | 0,24 b   | 0,37 d    | 0,28 c  | 0,24 b   | 0,26 b    |
| Marz.2001 | 0,24 a  | 0,26 b   | 0,25 ab  | 0,38 d    | 0,29 c  | 0,26 b   | 0,25 ab   |
| Nov. 2001 | 0,19 a  | 0,22 ab  | 0,23 b   | 0,41 d    | 0,28 c  | 0,25 b   | 0,23 b    |
| Ene. 2002 | 0,22 a  | 0,25 b   | 0,25 b   | 0,39 d    | 0,31 c  | 0,25 b   | 0,26 b    |
| Marz.2001 | 0,24 a  | 0,26 c   | 0,24 a   | 0,38 e    | 0,30 d  | 0,25 bc  | 0,24 ab   |
| Nov. 2002 | 0,22 ab | 0,22 a   | 0,23 ab  | 0,35 d    | 0,26 c  | 0,24 b   | 0,22 a    |
| Ene. 2003 | 0,26 ab | 0,26 ab  | 0,25 ab  | 0,35 c    | 0,27 b  | 0,25 ab  | 0,25 a    |
| Marz.2003 | 0,25 ab | 0,26 ab  | 0,24 a   | 0,38 b    | 0,30 b  | 0,27 b   | 0,24 a    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%

Figura 4.24.- Evolución de los valores medios del Índice S interno de las diferentes variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.)



#### 4.2.1.9.- Índice Q

A la vista de la Figura 4.25 y la Tabla 4.20 podemos apreciar que hay una ligera disminución de los valores del índice de noviembre a enero subiendo ligeramente en el mes de marzo.

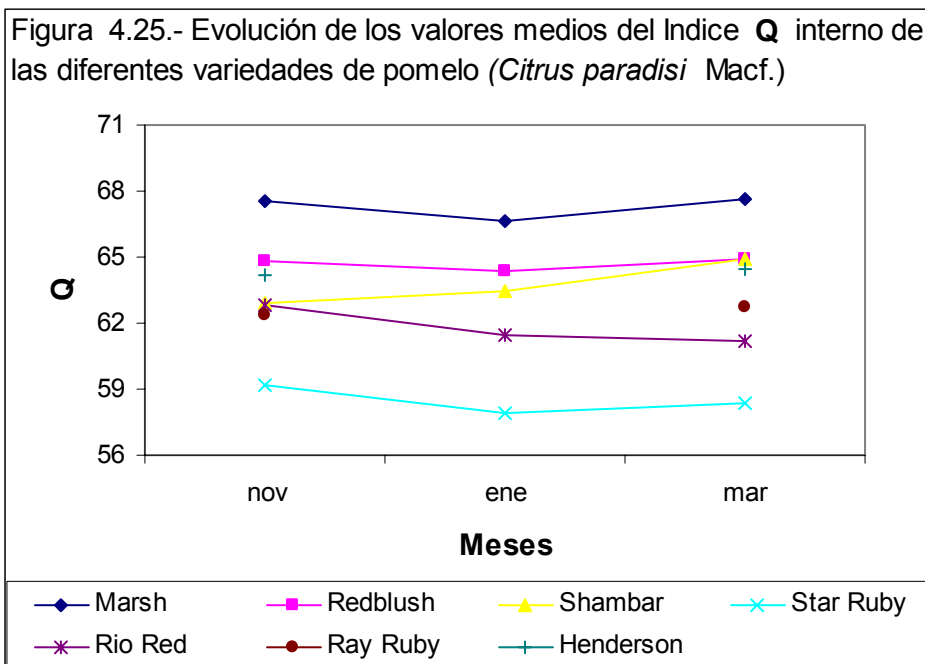
Las diferencias más pequeñas en el mes de noviembre, entre los valores de una misma variedad, las tiene la variedad Shambar con un valor de 2,80 y la mayor Star Ruby con 8,58. En los meses de enero las diferencias más pequeñas las tiene la variedad Shambar con 2,20 y la diferencia más grande la variedad Marsh con 4,00. En marzo Star Ruby tiene una diferencia entre sus valores de 0,40 mientras que Río Red lo tiene de 0,85. En este mes los valores más bajos los tiene Star Ruby, con 58,56 y el más elevado la variedad Marsh, con 67,80.

En general, las diferencias significativas se manifiestan entre los extremos, Marsh por arriba y Star Ruby por abajo, el resto tienden a formar grupos no totalmente definidos, ni todos los años, ni todos los meses. El orden es: Redblush, Shambar, Henderson, Ray Ruby y Río Red.

**Tabla.-4.20.:** Evolución del Índice Q interior y relaciones de la coloración interna de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años.

| Q inter.  | Marsh   | Redblush | Shambar  | Star Ruby | Río Red  | Ray Ruby | Henderson |
|-----------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| Nov. 1999 | 69,41 e | 67,84 d  | 61,61 d  | 63,99 a   | 64,87 ab | 65,95 bc | 66,74 cd  |
| Ene. 2000 | 67,73 e | 64,88 d  | 64,21 cd | 58,27 a   | 62,16 b  | 62,94 bc | 63,13 bc  |
| Marz.2000 | 67,94 e | 64,84 d  | 64,59 d  | 58,41 a   | 61,62 b  | 62,50 c  | 64,47 d   |
| Nov.2000  | 68,77 e | 65,31 d  | 64,41 cd | 58,87 a   | 62,07 b  | 62,70 b  | 64,22 c   |
| Ene. 2001 | 63,73 e | 64,88 d  | 61,21 cd | 58,27 a   | 62,16 b  | 62,94 bc | 63,13 bc  |
| Marz.2001 | 67,62 f | 65,17 e  | 64,48 d  | 58,24 a   | 61,02 b  | 62,60 c  | 64,35 d   |
| Nov. 2001 | 65,64 d | 62,39 c  | 61,53 c  | 55,41 a   | 59,10 b  | 59,10 b  | 61,78 c   |
| Ene. 2002 | 65,75 e | 63,72 cd | 64,01 d  | 57,51 a   | 60,30 b  | 60,52 b  | 62,18 c   |
| Marz.2002 | 67,31 e | 64,47 d  | 64,34 d  | 58,16 a   | 60,77 c  | 63,14 c  | 63,99 cd  |
| Nov.2002  | 66,24 d | 63,92 c  | 63,96 c  | 58,45 a   | 65,09 b  | 61,59 b  | 63,94 c   |
| Ene. 2003 | 66,91 e | 63,97 cd | 64,55 d  | 57,70 a   | 61,18 b  | 61,69 b  | 63,69 c   |
| Marz.2003 | 67,80 f | 65,17 e  | 64,57 d  | 58,56 a   | 61,36 b  | 62,74 c  | 64,85 de  |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



#### 4.2.1.10. Apreciación visual

En la Figura 4.26 y la Tabla 4.21 se muestran los valores medios de la apreciación visual. Se observa claramente que la separación de variedades es constante, es decir, se mantiene, una tendencia uniforme en todas ellas a lo largo de los meses.

Los valores más altos siempre corresponden a las variedades más rojas, Star Ruby y Río Red y el más bajo a la variedad más blanca que es Marsh. El valor más alto en los meses de noviembre le corresponde a la variedad Star Ruby con 10,00 seguido de Río Red con 8,48, después van Ray Ruby con 6,94 Shambar con 5,54 Henderson con 4,97 Redblush con 4,56 y Marsh con 0,83.

En los meses de enero el valor más alto corresponde Star Ruby con 10,00 seguido de las variedades Río Red con 8,51 Ray Ruby con 7,04 Henderson con 5,46 Shambar con 4,85 Redblush con 3,94 y Marsh con 0,63

En los meses de marzo, el valor más alto corresponde a Star Ruby con 9,81 seguido de las variedades Río Red con 8,42 Ray Ruby con 6,24 Henderson con 5,53, Shambar con 4,79 Redblush con 3,30 y Marsh con 0,22

En los meses de noviembre la apreciación visual muestra diferencias significativas claras en los diferentes grupos de variedades. Por un lado está la variedad Marsh y la sigue el grupo formado por Redblush Shambar y Henderson; este último con una tendencia a irse al grupo siguiente. Luego le sigue, con diferencias significativas entre ellos, Ray Ruby, Río Red y Star Ruby.

En los meses de enero casi todos los años, las variedades, tienen diferencias significativas entre sí.

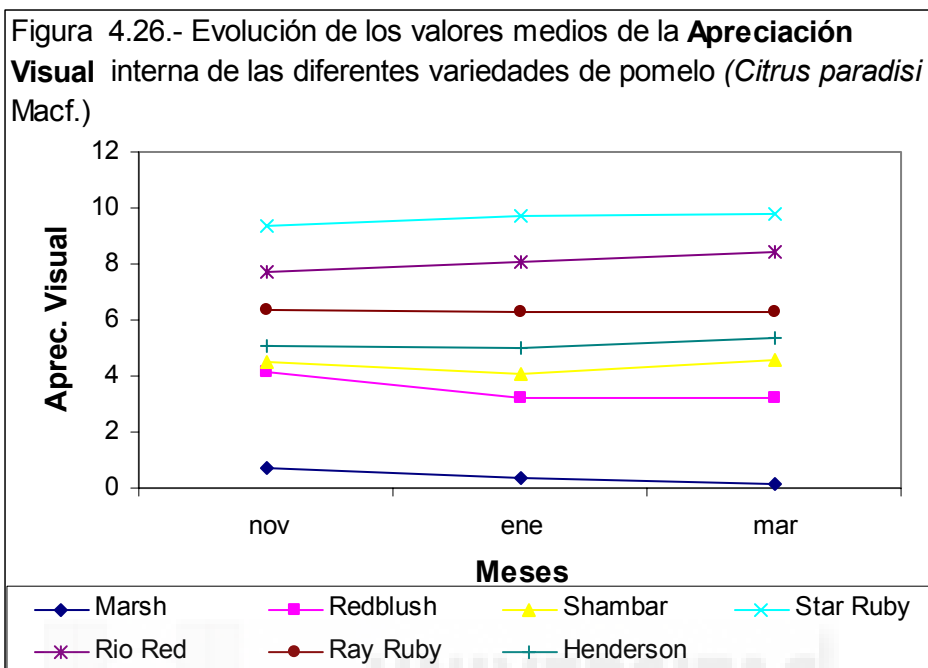
La secuencia de más luminosa a más oscura es Marsh, Redblush, Shambar, Henderson, Ray Ruby, Río Red y Star Ruby. En el mes de marzo esta separación es aun más evidente y la secuencia idéntica.

En el mes de enero de 2001 se observa que las muestras de frutos son muy homogéneas en los dos extremos, dado que Star Ruby alcanza el valor 10,0 y Marsh el 0,0.

**Tabla. 4.21.:** Evolución de la **apreciación visual** interior de las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) en diferentes meses y años

|           | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson |
|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| Nov. 1999 | 0,52 a  | 3,48 b   | 3,11 b  | 8,39 e    | 6,88 d  | 5,41 d   | 4,44 cd   |
| Ene. 2000 | 0,27 a  | 2,63 b   | 3,49 c  | 9,44 g    | 7,75 f  | 5,67 e   | 4,79 d    |
| Marz-2000 | 0,22 a  | 3,30 b   | 4,59 c  | 9,81 g    | 8,42 f  | 6,24 e   | 5,30 d    |
| Nov.2000  | 0,85 a  | 4,56 b   | 5,54 c  | 9,59 f    | 7,73 e  | 6,66 d   | 5,85 c    |
| Ene. 2001 | 0,00 a  | 2,74 b   | 4,39 c  | 10,00 g   | 8,19 f  | 6,02 e   | 4,93 d    |
| Marz.2001 | 0,08 a  | 3,30 b   | 4,57 c  | 9,81 f    | 8,37 f  | 6,24 e   | 5,28 d    |
| Nov. 2001 | 0,82 a  | 4,45 b   | 5,15 b  | 10,00 e   | 8,48 d  | 6,94 c   | 4,97 b    |
| Ene. 2002 | 0,63 a  | 3,94 b   | 4,85 c  | 9,92 f    | 8,51 e  | 7,04 d   | 5,46 c    |
| Marz.2002 | 0,12 a  | 3,28 b   | 4,46 c  | 9,76 g    | 8,52 f  | 6,34 e   | 5,31 d    |
| Nov. 2002 | 0,52 a  | 4,08 b   | 4,14 b  | 9,52 e    | 7,94 d  | 6,48 c   | 4,98 b    |
| Ene. 2003 | 0,66 a  | 3,70 b   | 3,64 b  | 9,42 f    | 7,77 e  | 6,39 d   | 4,79 c    |
| Marz.2003 | 0,056 a | 3,01 b   | 4,79 c  | 9,69 g    | 8,41 f  | 6,24 e   | 5,53 d    |

Test múltiple de Duncan por filas. Nivel de significación del 95%



**4.2.2.- Rectas de regresión del color interno de los diferentes índices colorimétricos con la apreciación visual, en diferentes meses y años**

A continuación se exponen una serie de rectas de regresión con su coeficiente de correlación lineal, con el fin de establecer posibles correlaciones entre los diferentes índices colorimétricos y los datos tomados de la apreciación visual.

**4.2.2.1. Regresión lineal de a/b con apreciación visual.**

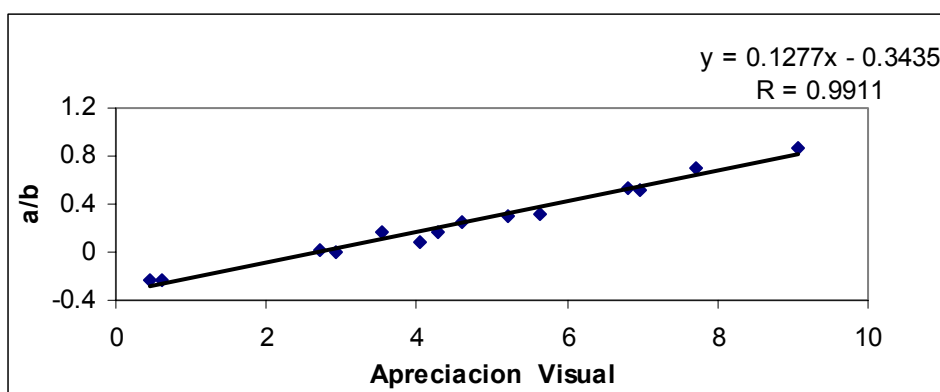
En la Tabla 4.22 se exponen todos los coeficientes de correlación lineal obtenidos entre el índice **a/b** interior y la apreciación visual a lo largo de los meses y años tomados. También se muestra en las Figuras 4.27 y 4.28 las rectas de regresión de noviembre de 1999 y enero de 2002 del índice **a/b** y la apreciación visual con sus correlaciones lineales.

Tal y como se observa en estos Tabla 4.22, existe una alta correlación lineal entre el índice colorimétrico **a/b** y la apreciación visual, ya que, los coeficientes de correlación, oscilan entre  $R= 0,9210$  en enero del año 2001, y  $R= 0,9911$  en el mes de noviembre de 1999.

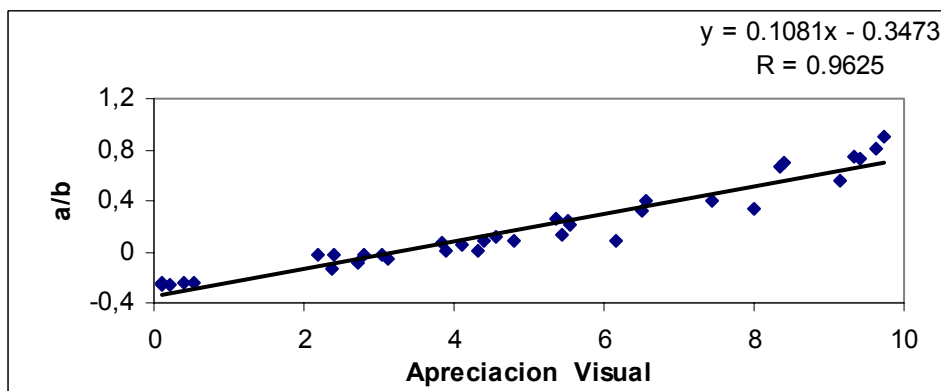
**Tabla 4.22.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las rectas de regresión de los índices colorimétricos en el interior con la apreciación visual de las variedades estudiadas.

| Fechas    | a/b    | Ic     | C      | S      | H      | Q       |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Nov. 1999 | 0,9911 | 0,9851 | 0,1094 | 0,6056 | 0,5110 | -0,9837 |
| Ene. 2000 | 0,9625 | 0,9479 | 0,1390 | 0,6291 | 0,6938 | -0,9488 |
| Marz.2000 | 0,9771 | 0,9565 | 0,2957 | 0,7296 | 0,6765 | -0,9608 |
| Nov.2000  | 0,9723 | 0,9567 | 0,5982 | 0,7651 | 0,6203 | -0,9634 |
| Ene. 2001 | 0,9210 | 0,9115 | 0,6514 | 0,8104 | 0,5350 | -0,9119 |
| Marz.2001 | 0,9658 | 0,9453 | 0,3418 | 0,7406 | 0,6742 | -0,9556 |
| Nov. 2001 | 0,9329 | 0,9123 | 0,7228 | 0,8025 | 0,4897 | -0,9228 |
| Ene. 2002 | 0,9828 | 0,9755 | 0,6583 | 0,8256 | 0,5226 | -0,9054 |
| Marz.2002 | 0,9594 | 0,9424 | 0,6583 | 0,7520 | 0,6721 | -0,9379 |
| Nov. 2002 | 0,9671 | 0,9508 | 0,5509 | 0,7494 | 0,5586 | -0,8934 |
| Ene. 2003 | 0,9724 | 0,9565 | 0,3501 | 0,6228 | 0,5919 | -0,9724 |
| Marz.2003 | 0,9648 | 0,9452 | 0,3355 | 0,7054 | 0,6959 | -0,9579 |

**Figura 4.27.:** Recta de regresión de **a/b** con apreciación visual nov. 1999



**Figura 4.28.:** Recta de regresión de **a/b** con apreciación visual enero 2000

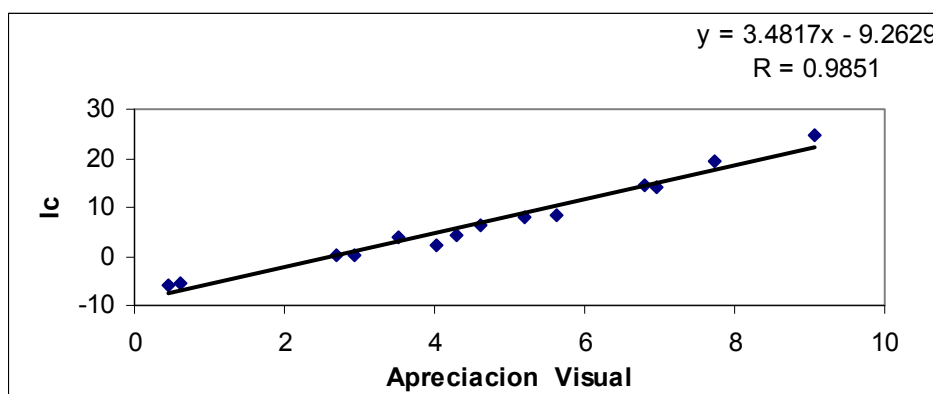


#### 4.2.2.2. Regresión lineal de **Ic** con la apreciación visual

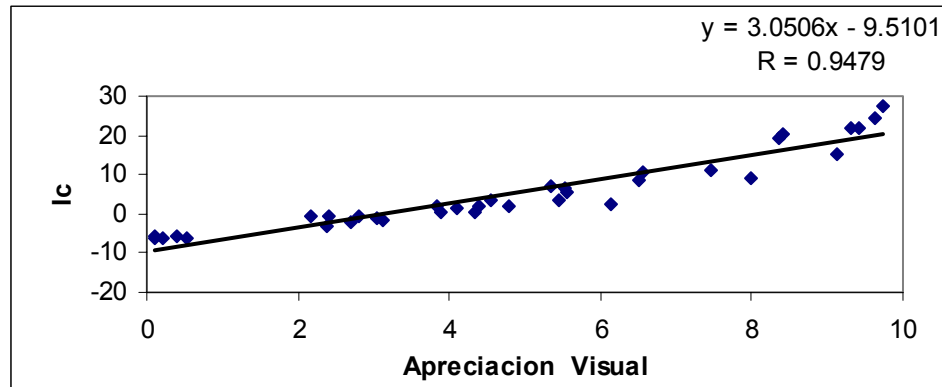
En la Tabla 4.22 se puede ver los coeficientes de correlación lineal del índice **Ic** y la apreciación visual a lo largo de los meses y años tomados. También se muestra en los Figuras 4.28 y 4.29 las rectas de regresión entre los datos del índice **Ic** y la apreciación visual con sus correlaciones lineales.

Tal y como se observa en la Tabla 4.22, existe muy alta correlación lineal entre el índice colorimétrico **Ic** y la apreciación visual, ya que, los coeficientes de correlación, oscilan entre  $R = 0,9115$  en enero del año 2001, y  $R = 0,9851$  en el mes de noviembre de 1999.

**Figura 4.29.:** Recta de regresión de **Ic** con apreciación visual nov. 1999



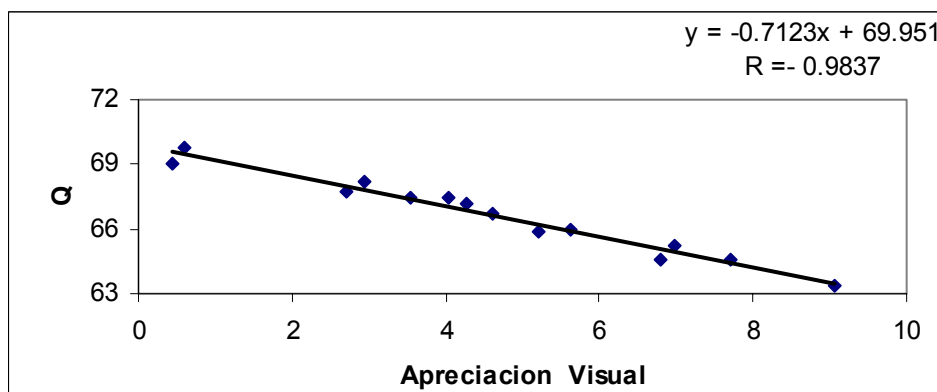


**Figura 4.30.:** Recta de regresión de  $I_c$  con apreciación visual enero 2000

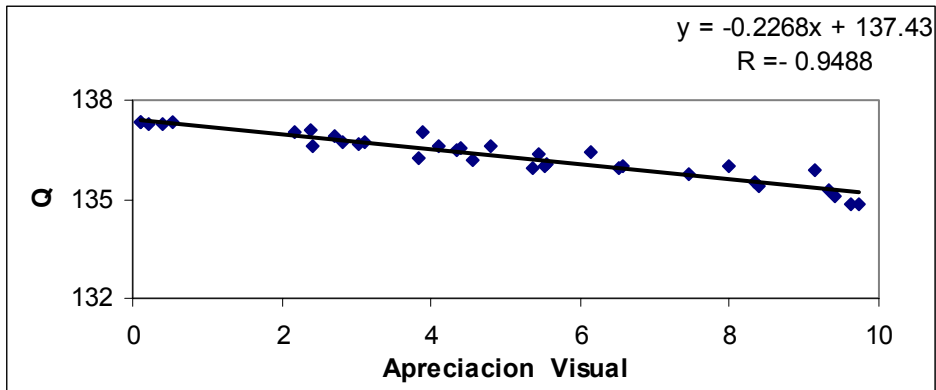
#### 4.2.2.3. Regresión lineal de $Q$ con apreciación visual

En la Tabla 4.22 se puede ver la evolución del índice  $Q$  a lo largo de los meses y años. En las Figuras 4.31 y 4.32 las rectas de regresión entre los datos del índice  $Q$  y la apreciación visual con sus correlaciones lineales que se muestran en la Tabla 4.22.

Tal y como se observa en la Tabla 4.23, existe una alta correlación lineal entre el índice colorimétrico  $Q$  y la apreciación visual, ya que, los coeficientes de correlación, oscilan entre  $R = 0,8934$  en noviembre del año 2002, y  $R = 0,9837$  en el mes de noviembre de 1999, estando en general por encima del 0.9117.

**Figura 4.31.:** Recta de regresión de  $Q$  con apreciación visual nov. 1999

**Figura 4.32.:** Recta de regresión de **Q** con apreciación visual enero 2000



#### 4.2.2.4.- Regresión lineal de C, S y H con la apreciación visual

Tal y como se observa en la Tabla 4.22, existe una baja correlación lineal entre estos índices colorimétricos y la apreciación visual en todos los meses, siendo el índice **S** el que tiene una mayor correlación, con un valor medio del coeficiente de correlación de 0.7281 seguidos por los índices **C** y **H** con valores medios de 0.3708 y 0.6038 respectivamente.

### **4.3.- EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO**

#### **4.3.1.- Evolución del color externo de las variedades y clones del limón injertadas sobre naranjo amargo**

Siguiendo el mismo criterio que se ha seguido para las variedades de pomelos estudiadas, pasamos a continuación a estudiar los diversos clones del limonero Fino y las variedades de mayor interés en el mundo, Eureka y Lisbon injertadas sobre naranjo amargo.

Durante el periodo III (maduración) del desarrollo del fruto (Bain, 1958), hay un cambio drástico del color de la corteza que pasa del verde al amarillo (Casas y Mallent, 1988a). En este epígrafe, estudiamos la evolución de los distintos parámetros que medimos por reflexión, de la corteza de los frutos de limonero.

##### **4.3.1.1.- Parámetro L**

La evolución del parámetro externo **L** puede observarse en la Tabla 4.23 y también en la Figura 4.33 en la que se refleja la media de los valores tomados en los dos años. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **L** o de la claridad, es creciente a lo largo del tiempo y comienza a partir del muestreo del 10 de septiembre, experimentando un mayor incremento en el periodo de tiempo comprendido entre el 8 de octubre y el 25 de noviembre. Posteriormente sigue aumentando su valor, pero de forma no tan acusada, hasta finales de diciembre.

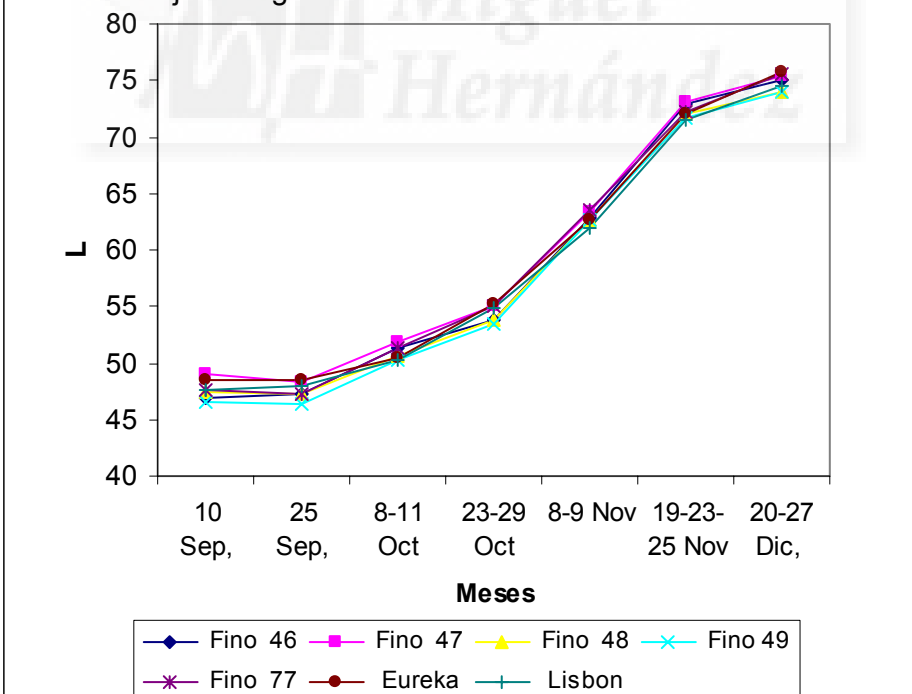
No destaca ninguna variedad o clon que presente valores más altos o bajos que el resto. Existen diferencias significativas entre variedades y clones en el 11 octubre, 23 noviembre y 20 diciembre del año 2001, y el 23 de octubre, 19 noviembre y 27 de diciembre de 2002. Los valores para un mismo clon o variedad son bastante similares en los dos años.

**Tabla 4.23.:** Evolución del parámetro **L** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>L exterior</b> | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11 oct 2001       | 50,13 ab  | 53,33 b  | 50,78 ab | 50,78 ab | 50,98 ab | 49,53 a  | 50,87 ab |
| 29 oct 2001       | 55,17 a   | 54,81 a  | 52,65 a  | 54,46 a  | 54,80 a  | 54,19 a  | 54,89 a  |
| 9 nov 2001        | 60,53 a   | 59,18 a  | 57,69 a  | 58,55 a  | 59,20 a  | 60,09 a  | 58,15 a  |
| 23 nov 2001       | 71,90 b   | 69,46 ab | 66,89 a  | 68,78 ab | 67,87 ab | 69,31 ab | 66,67 a  |
| 20 dic 2001       | 74,88 b   | 75,05 b  | 72,67 ab | 72,09 a  | 75,33 b  | 74,69 ab | 73,37 ab |
| 10 sep 2002       | 46,86 a   | 49,02 a  | 47,47 a  | 46,63 a  | 47,66 a  | 48,57 a  | 47,55 a  |
| 25 sep 2002       | 47,2 a    | 48,36 a  | 47,18 a  | 46,46 a  | 47,18 a  | 48,41 a  | 47,91 a  |
| 08 oct 2002       | 52,52 a   | 50,39 a  | 50,31 a  | 49,74 a  | 51,56 a  | 51,38 a  | 49,73 a  |
| 23 oct 2002       | 52,41 a   | 55,41 a  | 54,98 a  | 52,31 a  | 55,16 ab | 56,16 b  | 54,80 ab |
| 08 nov 2002       | 65,10 a   | 67,65 a  | 67,69 a  | 66,95 a  | 67,80 a  | 65,20 a  | 65,82 a  |
| 19 nov 2002       | 72,74 abc | 74,23 c  | 73,75 bc | 70,85 a  | 73,61 bc | 71,88 ab | 73,58 bc |
| 25 nov 2002       | 74,24 a   | 75,74 a  | 75,52 a  | 75,35 a  | 75,22 a  | 74,87 a  | 74,50 a  |
| 27 dic 2002       | 75,21 a   | 75,74 a  | 75,47 a  | 75,89 a  | 75,79 a  | 76,96 b  | 75,84 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%

Figura 4.33.- Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro **L** externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo



#### 4.3.1.2.- Parámetro a

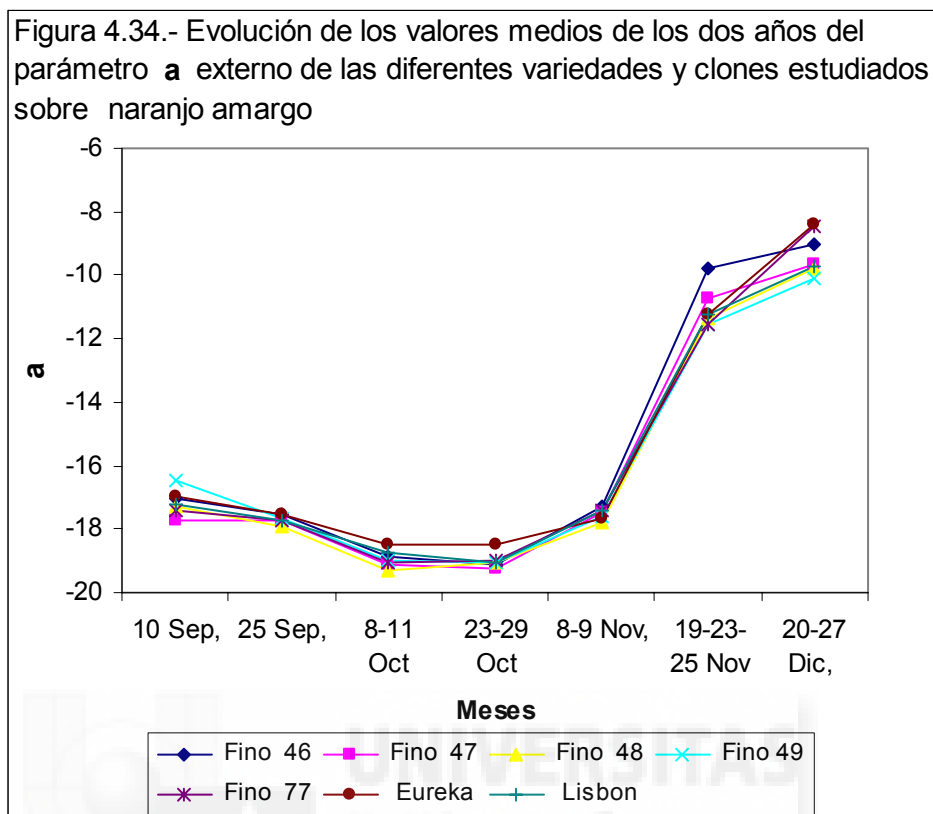
En la Tabla 4.24 vemos que los valores de los clones, y de las variedades son muy semejantes en cada una de las fechas tomadas, es decir todos tienen valores del parámetro **a** semejantes en cada fecha, y evolucionan de forma similar en todos los clones a lo largo del tiempo.

En la Figura 4.34 observamos que en los primeros muestreos, la evolución del parámetro **a** es decreciente (por lo que aumentan los verdes) hasta los muestreos de finales de octubre de los dos años, para experimentar un aumento notable de valor en los dos siguientes muestreos (Figura 4.34), indicando con ello, que disminuyen los “verdes” de forma acusada hasta los muestreos de finales de noviembre. A partir de los muestreos realizados los días 19, 23 y 25 de noviembre de los dos años, el incremento es más suave, es decir dado que tienen pocos tonos "verdes", se van estabilizando sus valores. No destaca ninguna variedad o clon que mantenga los valores más bajos o altos a lo largo de todos los muestreos. Existen diferencias significativas entre variedades y clones el 11 octubre, 29 octubre, 9 y 23 noviembre del año 2001 y el 23 de octubre, 19 y 25 noviembre de 2002 .

**Tabla 4.24.:** Evolución del parámetro **a** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>a exterior</b> | Fino 46    | Fino 47    | Fino 48    | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon     |
|-------------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 11oct2001         | -19,05 ab  | -19,49 a   | -19,49 a   | -19,30 a  | -19,42 a  | -18,32 b  | -18,97 ab  |
| 29oct2001         | -19,25 a   | -19,03 ab  | -18,79 ab  | -19,24 a  | -19,18 ab | -18,45 b  | -18,87 ab  |
| 9nov2001          | -17,46 c   | -18,32 ab  | -18,43 a   | -18,56 a  | -18,49 a  | -17,54 bc | -17,92 abc |
| 23nov2001         | -10,89 b   | -12,12 ab  | -13,83 ab  | -12,39 ab | -12,89 ab | -10,75 b  | -13,96 a   |
| 20dic2001         | -8,87 a    | -10,72 a   | -10,50 a   | -10,89 a  | -8,17 a   | -8,16 a   | -9,8 a     |
| 10sep2002         | -17,03 a   | -17,73 a   | -17,31 a   | -16,48 a  | -17,42 a  | -17,00 a  | -17,20 a   |
| 25sep2002         | -17,55 a   | -17,72 a   | -17,90 a   | -17,69 a  | -17,70 a  | -17,55 a  | -17,74 a   |
| 08oct2002         | -18,72 a   | -18,80 a   | -19,12 a   | -18,70 a  | -18,73 a  | -18,70 a  | -18,49 a   |
| 23oct2002         | -18,96 abc | -19,48 a   | -19,28 ab  | -18,92 bc | -18,84 bc | -18,54 c  | -19,25 ab  |
| 08nov2002         | -17,06 a   | -16,65 a   | -17,11 a   | -16,65 a  | -16,37 a  | -17,79 a  | -16,87 a   |
| 19nov2002         | -10,46 bc  | -10,92 abc | -10,81 abc | -12,08 ab | -10,40 bc | -12,74 a  | -10,09 c   |
| 25nov2002         | -7,96 c    | -9,26 abc  | -9,40 abc  | -10,23 a  | -8,45 bc  | -10,22 a  | -9,74 ab   |
| 27dic 2002        | -9,16 ab   | -8,57 b    | -9,1 ab    | -9,29 ab  | -8,72 ab  | -8,59 b   | -9,69 a    |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.3.1.3. Parámetro b

La evolución del parámetro **b** externo en los meses y años estudiados puede observarse en la Tabla 4.25 del mismo modo que en la Figura 4.35

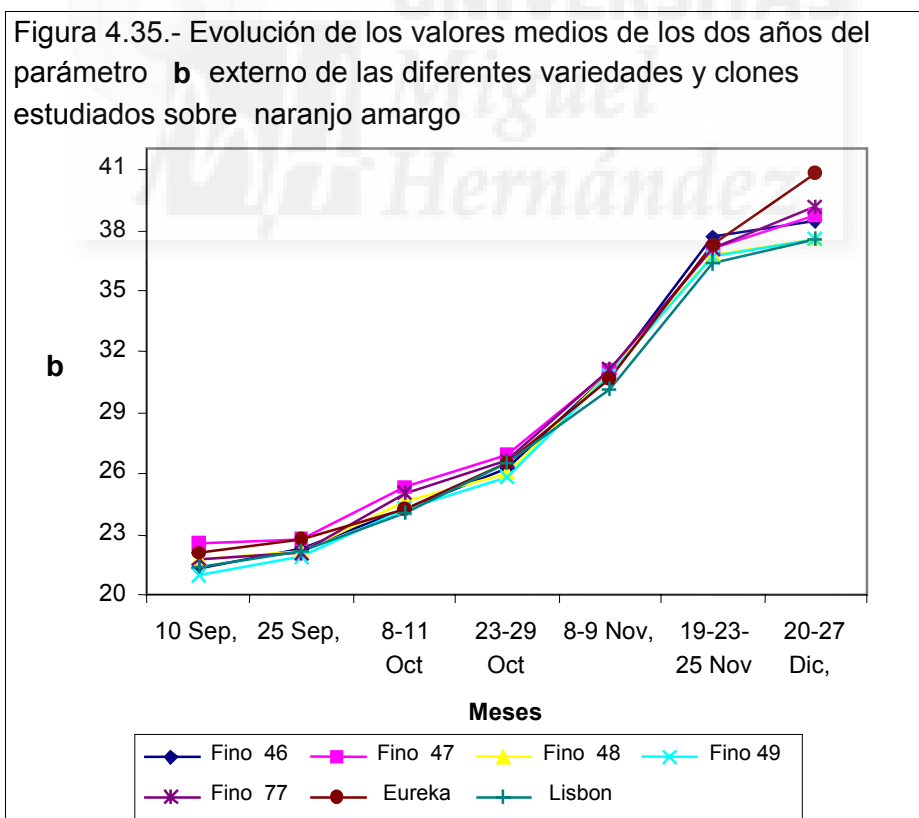
Los valores de los clones y variedades, son muy semejantes en cada una de las fechas tomadas en los dos años, es decir todos tienen tonos de color del parámetro **b** semejantes en cada fecha, y evolucionan de forma similar en todos ellos a lo largo del tiempo. Así, los tonos gris amarillo, que tienen estos clones y variedades en septiembre con valores entre 21 y 23, van aumentando, todos ellos a más amarillentos con valores entre 36 y 40 tomados en diciembre.

Estos clones y variedades presentan diferencias significativas en el 11 octubre, 23 noviembre del año 2001 y el 8 noviembre y 27 de diciembre de 2002.

**Tabla 4.25.:** Evolución del parámetro **b** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertados sobre naranjo amargo.

| <b>b exterior</b> | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct2001         | 24,29 ab  | 26,38 b  | 24,81 ab | 24,53 ab | 25,02 ab | 23,57 a  | 24,38 ab |
| 29oct2001         | 26,58 a   | 26,24 a  | 25,03 a  | 26,03 a  | 26,36 a  | 25,73 a  | 26,15 a  |
| 9nov2001          | 29,59 a   | 28,59 a  | 28,05 a  | 28,24 a  | 28,65 a  | 28,93 a  | 27,95 a  |
| 23nov2001         | 37,78 b   | 36,77 ab | 34,97 a  | 36,48 ab | 35,83 ab | 37,08 ab | 34,62 a  |
| 20dic 2001        | 38,25 a   | 38,31 a  | 36,81 a  | 36,71 a  | 38,80 a  | 41,75 b  | 37,35 a  |
| 10sep2002         | 21,24 a   | 22,61 a  | 21,75 a  | 20,98 a  | 21,77 a  | 22,12 a  | 21,41 a  |
| 25sep2002         | 22,28 a   | 22,77 a  | 22,19 a  | 21,84 a  | 22,05 a  | 22,77 a  | 22,20 a  |
| 08oct2002         | 24,26 a   | 24,24 a  | 24,45 a  | 23,94 a  | 24,98 a  | 24,83 a  | 23,78 a  |
| 23oct2002         | 25,92 a   | 27,57 b  | 27,05 ab | 25,67 a  | 26,84 ab | 27,22 ab | 26,79 ab |
| 08nov2002         | 32,31 a   | 33,53 ab | 33,92 b  | 33,41 ab | 33,59 ab | 32,34 a  | 32,36 ab |
| 19nov2002         | 36,90 a   | 36,33 a  | 37,25 a  | 35,70 a  | 36,99 a  | 36,37 a  | 37,15 a  |
| 25nov2002         | 38,44 a   | 38,21 a  | 38,01 a  | 37,87 a  | 38,50 a  | 38,50 a  | 37,50 a  |
| 27dic2002         | 38,70 abc | 39,24 bc | 38,37 ab | 38,39 ab | 39,51 bc | 39,90 c  | 37,78 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.3.1.4. Índice a/b

Análogamente, al estudio realizado con la evolución de los parámetros **L a** y **b**, se procede a hacer el estudio de los índices colorimétricos.

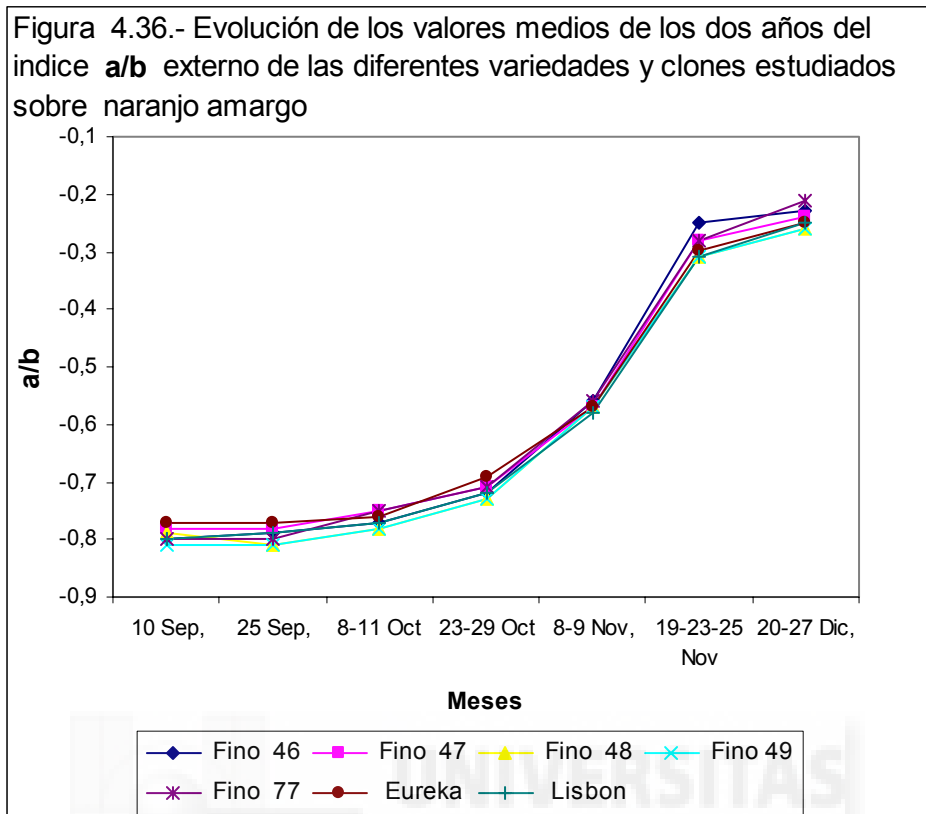
La evolución del cociente **a/b** externo puede apreciarse en la Tabla 4.26, así como en la Figura 4.36. Durante los dos primeros muestreos, los valores de la relación **a/b** se mantienen constantes en todos los clones y variedades estudiadas, sin embargo, es a partir del tercer muestreo cuando se aprecia una evolución creciente a lo largo del tiempo en todos los clones y variedades. Dicho incremento, es más acusado, en el periodo de tiempo que va del 23/29 de octubre al 19/23 de noviembre. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto. Existen diferencias significativas entre variedades y clones en los meses estudiados sin una tendencia manifiesta, excepto en el 29 octubre de 2001 y el 8 de noviembre de 2002.

**Tabla.-4.26.:** Evolución del índice **a/b** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>a/b exter</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48    | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon    |
|------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|
| 11oct2001        | -0,78 ab  | -0,74 b   | -0,78 ab   | -0,78 a  | -0,77 ab | -0,77 ab | -0,77 ab  |
| 29oct2001        | -0,72 a   | -0,72 a   | -0,75 a    | -0,73 a  | -0,72 a  | -0,71 a  | -0,72 a   |
| 9nov2001         | -0,59 b   | -0,64 ab  | -0,65 a    | -0,65 a  | -0,64 ab | -0,60 ab | -0,64 ab  |
| 23nov2001        | -0,28 b   | -0,32 ab  | -0,39 a    | -0,34 ab | -0,36 ab | -0,29 b  | -0,40 a   |
| 20 dic 2001      | -0,23 ab  | -0,27 ab  | -0,28 ab   | -0,29 a  | -0,21 b  | -0,29 b  | -0,26 ab  |
| 10sep2002        | -0,80 a   | -0,78 ab  | -0,79 a    | -0,81 a  | -0,80 a  | -0,77 b  | -0,80 a   |
| 25sep2002        | -0,79 abc | -0,78 bc  | -0,81 a    | -0,81 a  | -0,80 ab | -0,77 c  | -0,79 abc |
| 08oct2002        | -0,77 ab  | -0,77 ab  | -0,78 a    | -0,78 a  | -0,75 b  | -0,75 b  | -0,77 ab  |
| 23oct2002        | -0,73 a   | -0,70 ab  | -0,71 ab   | -0,74 a  | -0,70 ab | -0,68 b  | -0,72 ab  |
| 08nov2002        | -0,53 a   | -0,50 a   | -0,50 a    | -0,50 a  | -0,49 a  | -0,55 a  | -0,52 a   |
| 19nov2002        | -0,28 bc  | -0,30 abc | -0,29 abc  | -0,34 ab | -0,28 bc | -0,35 a  | -0,27 c   |
| 25nov2002        | -0,21 c   | -0,24 abc | -0,25 a bc | -0,27 a  | -0,22 bc | -0,26 ab | -0,26 ab  |
| 27dic2002        | -0,24 ab  | -0,22 b   | -0,24 ab   | -0,24 ab | -0,22 b  | -0,21 b  | -0,25 a   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





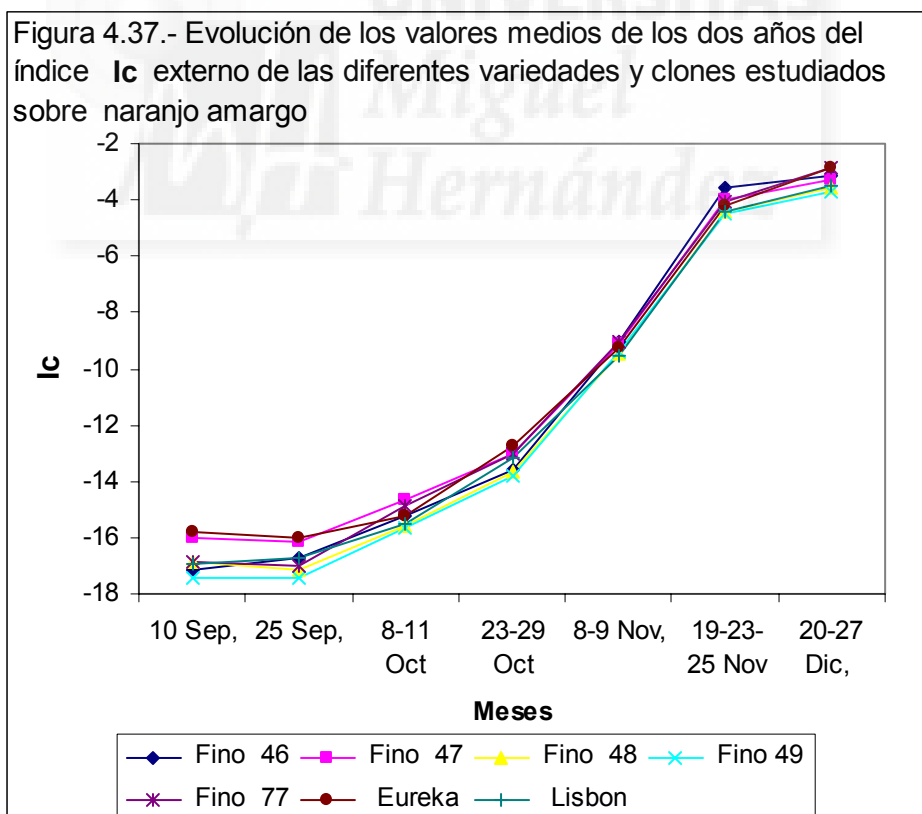
#### 4.3.1.5. Índice **Ic**

En la Figura 4.37 se observa que la evolución del índice de color **Ic** es creciente a lo largo del periodo considerado, aunque en los dos primeros muestreos, prácticamente se mantiene constantes los valores en casi todas las variedades y clones. A partir del 25 de septiembre hay un incremento, siendo, más destacado, desde el 23/29 de octubre al 19/25 de noviembre, en todos los clones de Fino y en las variedades. En la Tabla 4.27 se observa que, los valores se estabilizan a partir de noviembre, siendo la pendiente de crecimiento de los valores de este índice, hasta finales de diciembre, menos pronunciada, que las anteriores. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto. Existen diferencias significativas entre variedades y clones en los muestreos de 11 de octubre de 2001 y en los de noviembre y diciembre de ese mismo año, en el del 10 de septiembre y el 23 de octubre de 2002 y en los tres últimos muestreos de ese año, sin que destaque claramente ningún clon o variedad sobre el resto.

**Tabla 4.27.:** Evolución del índice **Ic** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>Ic exter</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka   | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 11oct2001       | -15,66 ab | -13,98 b  | -15,54 ab | -15,58 ab | -15,23 ab | -15,77 a | -15,32 ab |
| 29oct2001       | -13,18 a  | -13,28 a  | -14,32 a  | -13,58 a  | -13,28 a  | -13,33 a | -13,21 a  |
| 9nov2001        | -9,84 a   | -10,85 a  | -11,46 a  | -11,26 a  | -10,95 a  | -10,13 a | -11,07 a  |
| 23nov2001       | -4,00 b   | -4,75 ab  | -5,99 a   | -4,99 a   | -5,45 ab  | -4,21 b  | -6,11 a   |
| 20 dic 2001     | -3,11 ab  | -3,72 a   | -3,96 ab  | -4,17 a   | -2,81 b   | -2,95 b  | -3,59 ab  |
| 10sep2002       | -17,12 a  | -16,02 b  | -16,89 ab | -17,40 a  | -16,83 ab | -15,82 b | -16,92 ab |
| 25sep2002       | -16,71 a  | -16,12 a  | -17,14 a  | -17,45 a  | -17,04 a  | -16,00 a | -16,71 a  |
| 08oct2002       | -14,81 a  | -15,39 a  | -15,58 a  | -15,73 a  | -14,57 a  | -14,66 a | -15,64 a  |
| 23oct2002       | -13,99 a  | -12,77 ab | -13,04 ab | -14,09 a  | -12,76 ab | -12,18 b | -13,15 ab |
| 08nov2002       | -8,19 a   | -7,38 a   | -7,49 a   | -7,50 a   | -7,19 a   | -8,44 a  | -7,97 a   |
| 19nov2002       | -3,90 bc  | -4,05 abc | -3,95 abc | -4,81 ab  | -3,82 c   | -4,91 a  | -3,72 c   |
| 25nov2002       | -2,79 c   | -3,20 abc | -3,29 abc | -3,59 a   | -2,94 bc  | -3,55 ab | -3,49 ab  |
| 27dic2002       | -3,15 ab  | -2,88 b   | -3,15 ab  | -3,19 ab  | -2,92 b   | -2,80 b  | -3,38 a   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



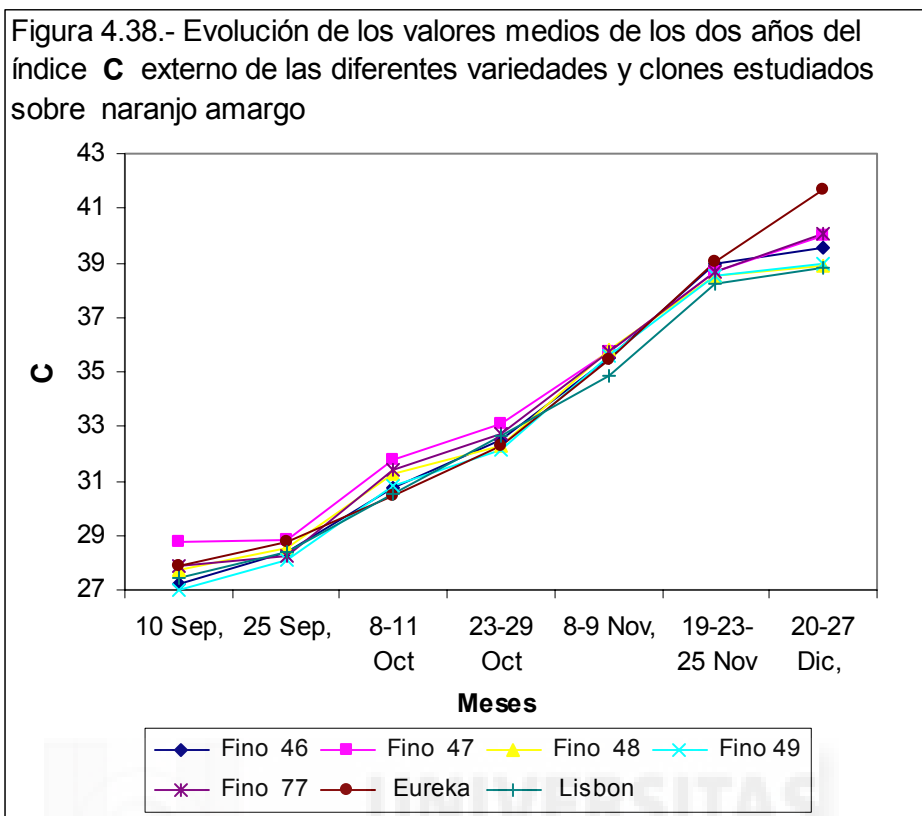
#### 4.3.1.6.- Índice C

En la Tabla 4.28 y en la Figura 4.38 puede apreciarse la evolución del cromata externo. De ellos, se desprende que la evolución del cromata es creciente a lo largo del tiempo. Sin embargo, es en el periodo de tiempo comprendido entre el 25 septiembre al 19/25 de noviembre, donde se produce un incremento de forma más acusada, en todos los clones y variedades. Los valores aumentan poco desde el muestreo del mes de noviembre hasta finales de diciembre, excepto en la variedad Eureka que aumenta más que en los clones de Fino y la variedad Lisbon. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto, durante los meses estudiados excepto el mencionado anteriormente. Existen diferencias significativas entre variedades y clones el 11 de octubre y el 23 de noviembre y 20 de diciembre de 2001, y el 23 de octubre, 8 y 25 de noviembre y el 27 de diciembre de 2002.

**Tabla 4.28.:** Evolución del índice C externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| C exter.    | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct2001   | 30,87 ab  | 32,82 b  | 31,55 ab | 31,22 ab | 31,67 ab | 29,86 a  | 30,89 ab |
| 29oct2001   | 32,82 a   | 32,42 a  | 31,31 a  | 32,36 a  | 32,60 a  | 31,67 a  | 32,25 a  |
| 9nov2001    | 34,38 a   | 33,96 a  | 33,58 a  | 33,80 a  | 34,10 a  | 33,96 a  | 33,22 a  |
| 23nov2001   | 39,32 b   | 38,74 ab | 37,66 ab | 38,57 ab | 38,17 ab | 38,63 ab | 37,38 a  |
| 20 dic 2001 | 39,28 a   | 39,85 ab | 38,32 a  | 38,36 a  | 39,66 ab | 42,59 b  | 38,65 a  |
| 10sep2002   | 27,23 a   | 28,74 a  | 27,77 a  | 26,99 a  | 27,89 a  | 27,90 a  | 27,47 a  |
| 25sep2002   | 28,36 a   | 28,85 a  | 28,51 a  | 28,11 a  | 28,27 a  | 28,75 a  | 28,42 a  |
| 08oct2002   | 30,64 a   | 30,68 a  | 31,04 a  | 30,37 a  | 31,22 a  | 31,09 a  | 30,13 a  |
| 23oct 2002  | 32,12 a   | 33,76 b  | 33,23 ab | 31,89 a  | 32,80 ab | 32,94 ab | 32,99 ab |
| 08nov 2002  | 36,58 a   | 37,46 ab | 38,01 b  | 37,36 ab | 37,37 ab | 36,91 a  | 36,52 a  |
| 19nov 2002  | 38,37 a   | 37,94 a  | 38,81 a  | 37,71 a  | 38,43 a  | 38,57 a  | 38,55 a  |
| 25nov 2002  | 39,26 ab  | 39,32 ab | 39,19 ab | 39,25 ab | 39,44 ab | 39,84 b  | 38,75 a  |
| 27dic 2002  | 39,77 abc | 40,16 bc | 39,44 ab | 39,50 ab | 40,48 bc | 40,83 c  | 39,00 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



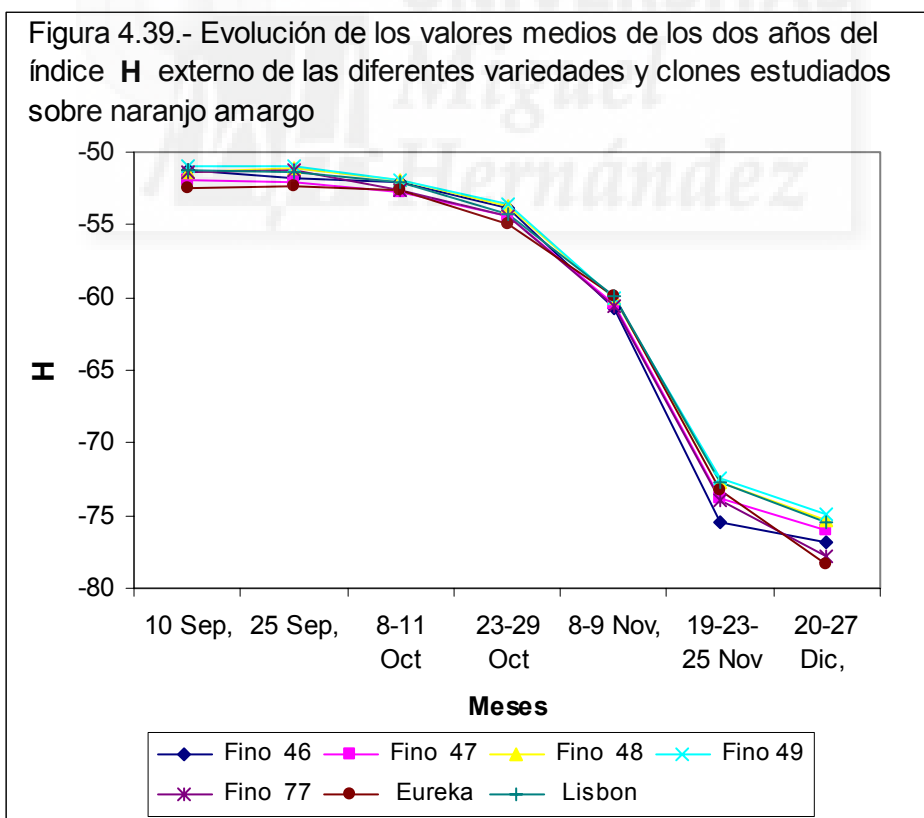
#### 4.3.1.7. Índice H

La evolución del índice **H** externo puede observarse en la Tabla 4.29, así como en la Figura 4.39. Se aprecia que, a partir del segundo muestreo realizado, la evolución de **H** es decreciente a lo largo del tiempo en todos los clones y variedades. Dicha disminución se produce de forma más destacada, desde el 23/29 de octubre hasta el 19/25 de noviembre en todos los clones y variedades. Los valores descienden menos y tienden a estabilizarse a partir de los muestreos del 19/25 de noviembre. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados, en la mayoría de los muestreos realizados, excepto el 29 octubre de 2001 y el 8 de noviembre de 2002.

**Tabla 4.29.:** Evolución del índice **H** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>H</b> exter. | Fino 46    | Fino 47    | Fino 48    | Fino 49   | Fino 77    | Eureka    | Lisbon     |
|-----------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| 11oct2001       | -51,88 ab  | -53,44 a   | -51,80 ab  | -51,76 b  | -52,17 ab  | -52,10 ab | -52,09 ab  |
| 29oct2001       | -54,05 a   | -54,02 a   | -53,07 a   | -53,52 a  | -53,95 a   | -54,28 a  | -54,13 a   |
| 9nov2001        | -59,39 a   | -57,34 ab  | -56,65 b   | -56,65 b  | -57,12 ab  | -58,75 ab | -57,30 ab  |
| 23nov2001       | -73,93 a   | -71,75 ab  | -68,36 b   | -71,19 ab | -70,05 ab  | -73,81 a  | -67,97 b   |
| 20 dic 2001     | -76,91 abc | -74,44 abc | -74,00 bc  | -73,42 c  | -78,06 ab  | -78,82 a  | -75,25 abc |
| 10sep2002       | -51,27 b   | -51,89 ab  | -51,39 b   | -50,99 b  | -51,31 b   | -52,47 a  | -51,21 b   |
| 25sep2002       | -51,76 abc | -52,09 ab  | -51,09 c   | -50,98 c  | -51,23 bc  | -52,34 a  | -51,35 abc |
| 08oct2002       | -52,31 bc  | -52,20 bc  | -51,95 c   | -51,99 c  | -53,12 a   | 53,01 ab  | -52,13 c   |
| 23oct 2002      | -53,80 b   | -54,74 ab  | -54,49 ab  | -53,61 b  | -54,91 ab  | -55,71 a  | -54,29 ab  |
| 08nov 2002      | -62,14 a   | -63,58 a   | -63,22 a   | -63,48 a  | -64,03 a   | -61,18 a  | -62,46 a   |
| 19nov 2002      | -74,16 ab  | -73,25 abc | -73,79 abc | -71,24 bc | -74,30 ab  | -70,66 c  | -74,77 a   |
| 25nov 2002      | -78,29 a   | -76,38 abc | -76,09 abc | -74,87 c  | -77,57 a b | -75,13 bc | -75,43 bc  |
| 27dic 2002      | -76,66 ab  | -77,68 a   | -76,64 ab  | -76,39 ab | -77,54 a   | -77,84 a  | -75,61 b   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



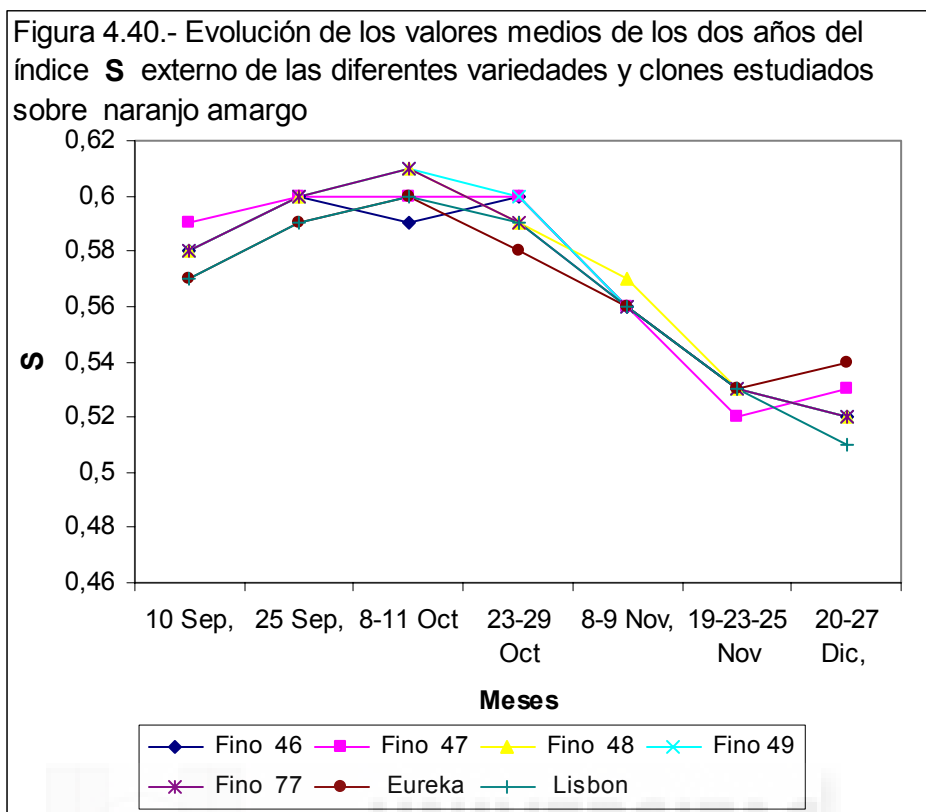
#### 4.3.1.8. Índice S

La evolución de la Saturación **S** externa puede apreciarse en la Tabla 4.30, así como en la Figura 4.40. En ellos se aprecia que, se produce un pequeño incremento de la saturación en prácticamente todos los clones y variedades, hasta el muestreo del 8/11 de octubre para posteriormente decrecer y empezar a estabilizarse en los muestreos realizados de finales de noviembre a de final de diciembre. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados, el 11 y 29 octubre, el 9 y 23 de noviembre de 2001 y en todos los muestreos del 2002 excepto el del 8 de noviembre.

**Tabla 4.30.:** Evolución del índice **S** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>S exter.</b> | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka  | Lisbon  |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 11oct2001       | 0,61 bc | 0,61 bc | 0,62 c  | 0,61 bc | 0,62 c  | 0,60 a  | 0,60 ab |
| 29oct2001       | 0,59 b  | 0,59 ab | 0,59 b  | 0,59 b  | 0,59 b  | 0,58 a  | 0,58 ab |
| 9nov2001        | 0,56 a  | 0,57 ab | 0,58 b  | 0,57 ab | 0,57 ab | 0,56 a  | 0,57 ab |
| 23nov2001       | 0,54 a  | 0,55 ab | 0,56 b  | 0,56 ab | 0,56 b  | 0,55 ab | 0,56 ab |
| 20 dic 2001     | 0,52 a  | 0,53 a  | 0,52 a  | 0,53 a  | 0,52 a  | 0,56 b  | 0,52 a  |
| 10sep2002       | 0,58 a  | 0,59 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,57 a  | 0,57 a  |
| 25sep2002       | 0,60 a  | 0,60 a  | 0,60 a  | 0,60 a  | 0,60 a  | 0,59 a  | 0,59 a  |
| 08oct2002       | 0,58 a  | 0,60 a  | 0,61 a  | 0,61 a  | 0,60 a  | 0,60 a  | 0,60 a  |
| 23oct 2002      | 0,61 c  | 0,61 c  | 0,60 bc | 0,61 c  | 0,59 ab | 0,58 a  | 0,60 bc |
| 08nov 2002      | 0,56 a  | 0,55 a  | 0,56 a  | 0,56 a  | 0,55 a  | 0,57 a  | 0,55 a  |
| 19nov 2002      | 0,52 ab | 0,51 a  | 0,52 ab | 0,53 c  | 0,52 ab | 0,53 c  | 0,52 ab |
| 25nov 2002      | 0,53 c  | 0,51 a  | 0,51 a  | 0,52 ab | 0,52 ab | 0,53 c  | 0,52 ab |
| 27dic 2002      | 0,53 b  | 0,53 b  | 0,52 ab | 0,52 ab | 0,53 b  | 0,53 b  | 0,51 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



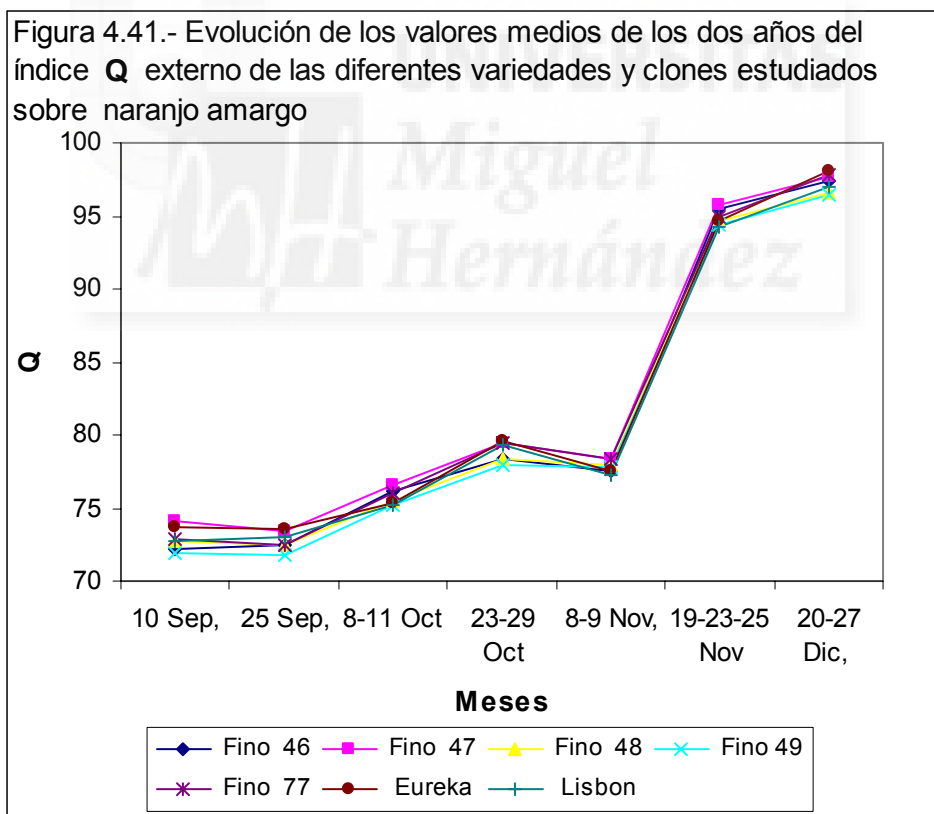
#### 4.3.1.9. Índice Q

La evolución de la luminosidad **Q** externa puede observarse en la Tabla 4.31 y también en la Figura 4.41. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **Q** es creciente a lo largo del tiempo y comienza a partir del muestreo del 25 de septiembre, experimentando un mayor incremento en el periodo de tiempo comprendido entre el 23 de octubre y el 19 de noviembre. Posteriormente sigue aumentando su valor, pero de forma no tan acusada, hasta estabilizarse. No destaca ninguna variedad o clon que presente los valores más altos o bajos por encima del resto. Existen diferencias significativas entre variedades y clones el 11 de octubre, 23 de noviembre y 20 de diciembre de 2001 y el 23 de octubre y 19 de noviembre del año 2002.

**Tabla 4.31.:** Evolución del índice **Q** externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>Q</b> exter. | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct2001       | 75,06 ab  | 77,93 b  | 75,65 ab | 75,65 ab | 75,82 ab | 74,52 a  | 75,72 ab |
| 29oct2001       | 79,58 a   | 79,26 a  | 77,32 a  | 78,95 a  | 79,25 a  | 78,70 a  | 79,33 a  |
| 9nov2001        | 66,72 a   | 65,91 a  | 65,01 a  | 65,53 a  | 65,92 a  | 66,46 a  | 65,29 a  |
| 23nov2001       | 94,59 b   | 92,40 ab | 90,09 a  | 91,79 ab | 90,97 ab | 92,26 ab | 89,89 a  |
| 20 dic 2001     | 97,25 b   | 97,43 b  | 95,27 ab | 94,76 a  | 97,66 b  | 97,09 ab | 95,90 ab |
| 10sep2002       | 72,13 a   | 74,07 a  | 72,68 a  | 71,92 a  | 72,85 a  | 73,66 a  | 72,75 a  |
| 25sep2002       | 72,43 a   | 73,47 a  | 72,42 a  | 71,77 a  | 72,42 a  | 73,52 a  | 73,08 a  |
| 08oct2002       | 77,21 a   | 75,30 a  | 75,22 a  | 74,71 a  | 76,35 a  | 76,19 a  | 74,71 a  |
| 23oct 2002      | 77,10 a   | 79,79 b  | 79,41 ab | 77,02 a  | 79,57 ab | 80,47 b  | 79,25 ab |
| 08nov 2002      | 88,49 a   | 90,77 a  | 90,81 a  | 90,14 a  | 90,91 a  | 88,58 a  | 89,14 a  |
| 19nov 2002      | 95,34 abc | 96,67 c  | 96,24 bc | 93,64 a  | 96,12 bc | 94,57 ab | 96,09 bc |
| 25nov 2002      | 96,68 a   | 98,03 a  | 97,83 a  | 97,67 a  | 97,56 a  | 97,25 a  | 96,92 a  |
| 27dic 2002      | 97,55 a   | 98,03 a  | 97,78 a  | 98,17 a  | 98,08 a  | 99,12 b  | 98,12 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





### **4.3.2. Evolución del color externo de las variedades y clones de limonero sobre patrón *Citrus macrophylla***

Siguiendo el mismo criterio que se ha seguido para el estudio de la evolución del color de las variedades y clones de limonero sobre naranjo amargo, pasamos a estudiar la evolución del color en las variedades y clones de limonero sobre patrón *Citrus macrophylla*.

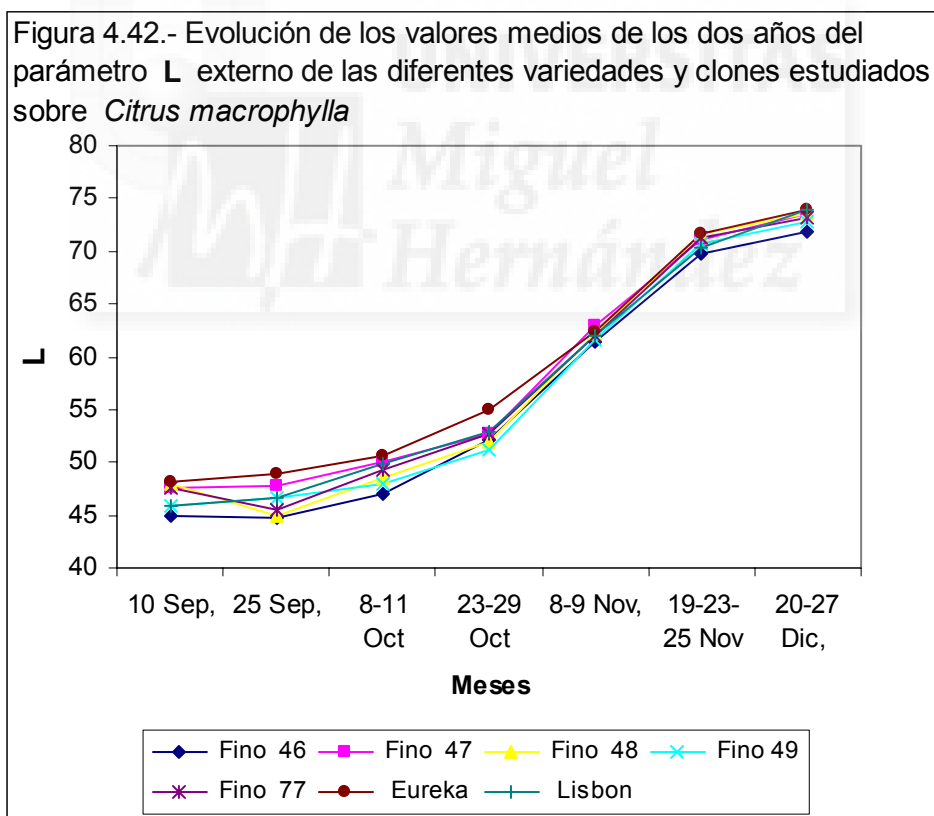
#### **4.3.2.1. Parámetro L**

De la observación de la Figura 4.42 de la evolución de los valores medios de los dos años, del parámetro externo **L** en todos los clones y variedades de limonero se aprecia que este parámetro es creciente a lo largo del tiempo y comienza desde el primer muestreo del 25 de septiembre, experimentando un mayor incremento en el periodo de tiempo comprendido entre el 8/11 de octubre y el 19/25 de noviembre. Posteriormente sigue aumentando, pero de forma no tan acusada, hasta finales del mes de diciembre. No existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados en la mayoría de los muestreos realizados. La variedad Eureka es la que muestra los valores de **L** algo más elevados, que los clones de Fino y la variedad Lisbon, hasta finales de noviembre, donde posteriormente presenta valores similares al resto de variedades y clones. El clon de Fino 46 presenta, (Tabla 4.32), los valores algo más bajos del parámetro **L**, siendo, por lo tanto, el clon con la claridad, ligeramente menor, en casi todos los muestreos. Existen diferencias significativas entre variedades y clones el 11 octubre, y 20 diciembre del año 2001, y el 25 de septiembre, 8 de octubre, 19 y 25 noviembre y 27 de diciembre de 2002.

**Tabla.4.32.:** Evolución del parámetro **L** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| L exter.   | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001 | 46,61 a  | 49,64 b  | 48,51 ab | 46,61 a   | 48,79 ab  | 50,02 b   | 50,60 b   |
| 29oct2001  | 51,65 a  | 51,49 a  | 51,96 a  | 49,51 a   | 52,21 a   | 51,46 a   | 52,25 a   |
| 9nov2001   | 56,63 a  | 57,23 a  | 56,70 a  | 55,05 a   | 58,06 a   | 56,90 a   | 56,88 a   |
| 23nov2001  | 65,85 a  | 67,02 a  | 66,88 a  | 65,04 a   | 66,65 a   | 67,58 a   | 66,04 a   |
| 20dic 2001 | 70,07 a  | 72,41 b  | 72,26 b  | 70,89 ab  | 71,52 ab  | 72,44 b   | 73,06 b   |
| 10sep2002  | 44,93 a  | 47,59 a  | 47,87 a  | 45,83 a   | 47,55 a   | 48,16 a   | 45,87 a   |
| 25sep2002  | 44,81 a  | 47,86 bc | 45,00 a  | 46,70 abc | 45,52 ab  | 48,89 c   | 46,60 abc |
| 08 oct2002 | 47,34 a  | 50,36 ab | 48,70 ab | 49,36 ab  | 49,85 ab  | 51,39 b   | 49,06 ab  |
| 23oct2002  | 52,58 a  | 54,13 a  | 52,01 a  | 52,86 a   | 53,02 a   | 58,63 b   | 53,62 a   |
| 08nov 2002 | 66,09 a  | 68,65 a  | 67,73 a  | 68,31 a   | 65,78 a   | 67,71 a   | 67,04 a   |
| 19nov 2002 | 70,16 a  | 71,85 ab | 73,14 b  | 72,05 ab  | 73,23 b   | 73,52 b   | 72,47 ab  |
| 25nov 2002 | 73,06 ab | 74,63 bc | 74,69 c  | 74,97 c   | 74,23 abc | 73,70 abc | 72,98 a   |
| 27dic 2002 | 73,60 a  | 74,74 a  | 74,98 b  | 74,68 ab  | 74,86 b   | 75,46 b   | 74,88 b   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.3.2.2.- Parámetro *a*

En la Tabla 4.33 y en la Figura 4.43 puede apreciarse la evolución del parámetro *a*. Los valores de los clones, son muy semejantes en cada una de las fechas tomadas, es decir todos tienen tonos de color del parámetro *a* semejantes en cada fecha, y evolucionan de forma similar en todos los clones a lo largo del tiempo.

Los tonos verdes que tienen estos clones el 11 de octubre del 2001 con valores en la banda de -18,0 y -17,0 van evolucionando, todos ellos a tonos verdosos con valores entre -7,0 y -9,0 en diciembre del mismo año.

En el año 2001 no hay diferencias significativas en ninguno de los clones en las fechas estudiadas, salvo el 9 de noviembre de 2001 en que el más verde es Eureka.

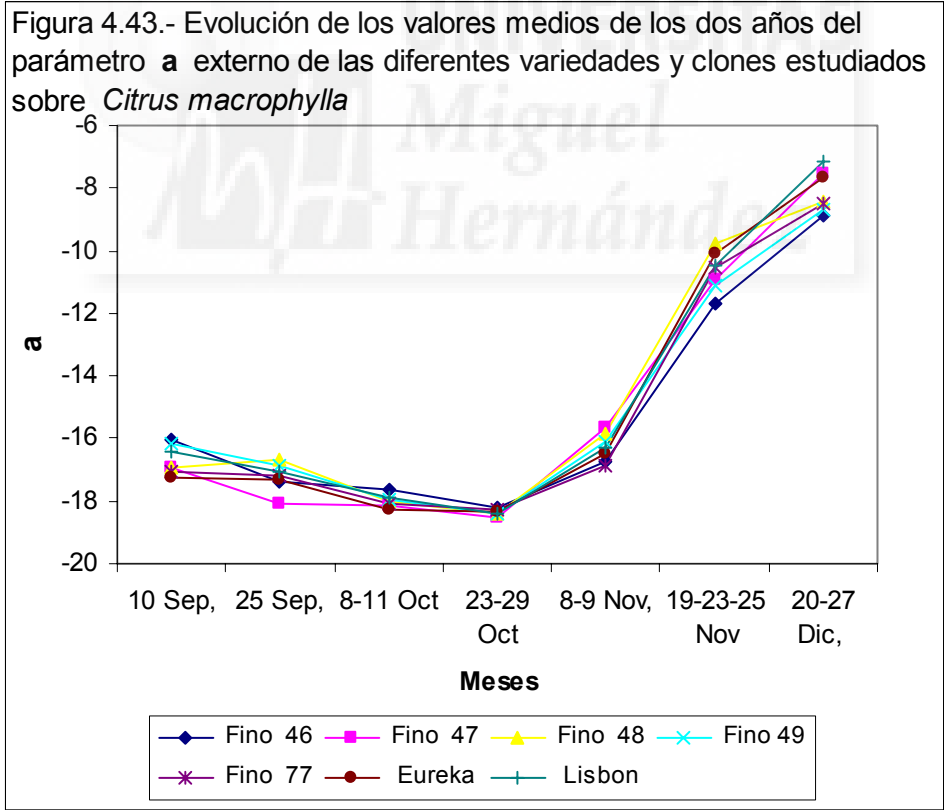
En el año 2002, en todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro *a* es al principio ligeramente decreciente, por lo que aumentan ligeramente los verdes, pasando -16,0 y -17,0 del 10 de septiembre a valores de -18 en el muestreo realizado el 23 de octubre; para dar un espectacular incremento en los siguientes muestreos, llegando a valores de -8,0 y -7,0 a finales de diciembre indicando con ello, que van disminuyendo los tonos verdes a lo largo de la maduración. Los valores no se estabilizan a finales de diciembre. No destaca claramente ninguna variedad o clon que mantenga los valores más bajos o altos con respecto a los demás, a lo largo de todos los muestreos.

Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados el 9 noviembre de 2001 y en el año 2002 en todos salvo el 27 de diciembre, que es el último.

**Tabla.-4.33.:** Evolución del parámetro *a* externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <i>a</i> exter. | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001      | -17,3 a   | -18,07 a  | -17,89 a  | -17,84 a  | -17,84 a  | -18,28 a  | -18,20 a  |
| 29oct2001       | -18,42 a  | -18,34 a  | -18,56 a  | -18,09 a  | -18,48 a  | -18,36 a  | -18,40 a  |
| 9nov2001        | -17,69 ab | -17,41 b  | -17,83 ab | -17,62 ab | -17,62 ab | -18,09 a  | -17,26 b  |
| 23nov2001       | -14,51 a  | -13,45 a  | -12,83 a  | -14,74 a  | -13,69 a  | -12,91 a  | -13,46 a  |
| 20 dic 2001     | -9,14 a   | -7,30 a   | -8,13 a   | -9,42 a   | -9,09 a   | -7,72 a   | -6,88 a   |
| 10sep2002       | -16,06 b  | -16,91 ab | -16,95 ab | -16,18 b  | -17,07 ab | -17,27 a  | -16,42 ab |
| 25sep2002       | -17,41 b  | -18,06 a  | -16,66 c  | -16,85 bc | -17,18 bc | -17,34 b  | -17,03 bc |
| 08 oct2002      | -18,00 ab | -18,18 ab | -18,13 ab | -18,12 ab | -18,36 a  | -18,28 ab | -17,57 b  |
| 23oct2002       | -18,00 ab | -18,69 ab | -18,06 a  | -18,65 ab | -18,10 a  | -18,26 ab | -18,36 ab |
| 08nov 2002      | -15,76 ab | -13,87 b  | -13,89 b  | -14,54 ab | -16,16 a  | -14,91 ab | -15,31 ab |
| 19nov 2002      | -11,45 a  | -10,10 ab | -8,79 b   | -9,03 b   | -9,40 ab  | -8,81 b   | -10,41 ab |
| 25nov 2002      | -9,10 ab  | -9,18 ab  | -7,76 b   | -9,56 a   | -8,46 ab  | -8,65 ab  | -7,54 b   |
| 27dic 2002      | -8,58 a   | -7,76 a   | -8,75 a   | -7,94 a   | -7,94 a   | -7,63 a   | -7,42 a   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



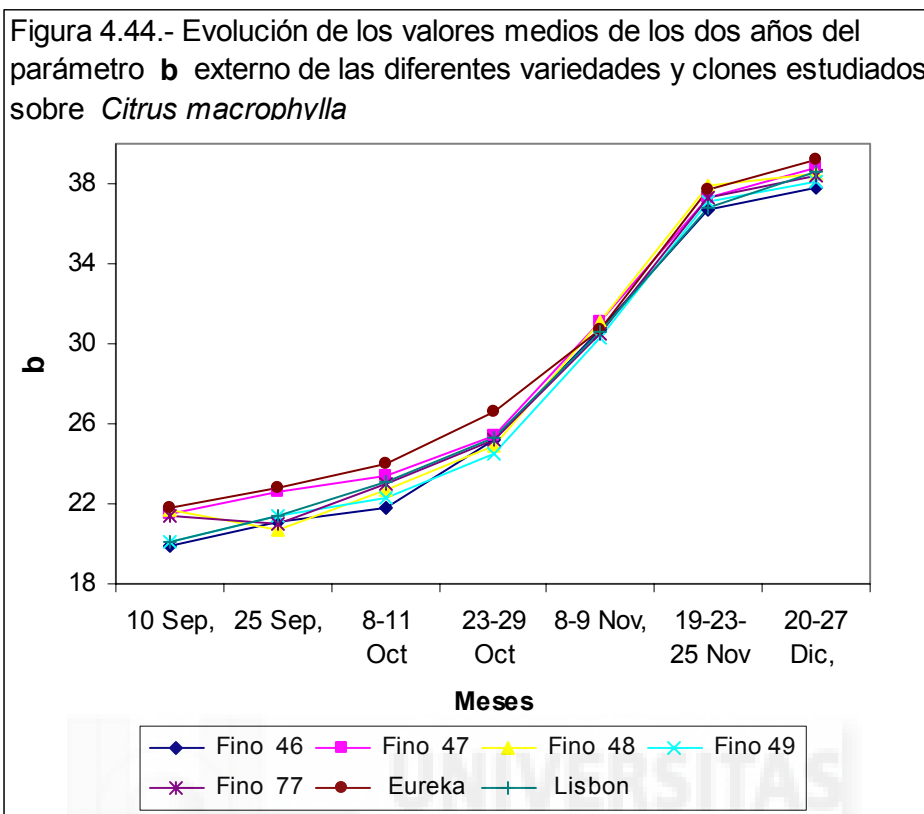
### 4.3.2.3. Parámetro b

La evolución del parámetro **b** externo puede observarse en la Tabla 4.34 así como, en la Figura 4.44. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **b** es creciente a lo largo del tiempo, pasando de valores 20,0 y 21,0 en septiembre, a valores de 38,0 y 39,0 a finales de diciembre. Esto nos indica el aumento de intensidad del color amarillo como consecuencia del incremento de su valor a lo largo de la maduración. El incremento mayor se produce, en el periodo comprendido entre el 8/11 de octubre y el 19/25 de noviembre, para posteriormente estabilizarse hacia finales de diciembre. La variedad Eureka presenta, en la casi totalidad de los muestreos, valores ligeramente superiores al resto de clones de Fino y de la variedad Lisbon. Solo existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados el 11 octubre de 2001. En el año 2002 en todos salvo el 8 de noviembre.

**Tabla.-4.34.:** Evolución del parámetro **b** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>b exter.</b> | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77   | Eureka  | Lisbon    |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| 11oct 2001      | 21,20 a  | 22,80 ab | 22,27 ab | 21,17 a   | 22,33 ab  | 23,20 b | 23,38 b   |
| 29oct2001       | 24,58 a  | 24,40 a  | 24,32 a  | 23,05 a   | 24,67 a   | 24,14 a | 24,35 a   |
| 9 nov2001       | 27,72 a  | 27,76 a  | 27,37 a  | 26,21 a   | 28,09 a   | 27,01 a | 27,46 a   |
| 23nov2001       | 34,90 a  | 35,67 a  | 35,57 a  | 34,25 a   | 35,11 a   | 35,65 a | 34,76 a   |
| 20dic 2001      | 37,48 a  | 38,72 a  | 38,53 a  | 37,46 a   | 37,75 a   | 38,59 a | 38,34 a   |
| 10sep2002       | 19,87 a  | 21,48 a  | 21,72 a  | 20,14 a   | 21,44 a   | 21,84 a | 20,14 a   |
| 25sep2002       | 21,10 ab | 22,55 bc | 20,69 a  | 21,39 abc | 20,98 a   | 22,83 c | 21,41 abc |
| 08 oct2002      | 22,48 a  | 23,98 ab | 23,13 ab | 23,49 ab  | 23,64 ab  | 24,81 b | 22,88 a   |
| 23oct2002       | 25,77 a  | 26,38 a  | 25,42 a  | 26,04 a   | 25,69 a   | 29,16 b | 26,26 a   |
| 08nov 2002      | 33,67 a  | 34,46 a  | 34,78 a  | 34,43 a   | 32,84 a   | 34,49 a | 33,73 a   |
| 19nov 2002      | 36,03 a  | 36,79 ab | 37,84 bc | 37,62 bc  | 37,32 abc | 38,48 c | 36,97 ab  |
| 25nov 2002      | 39,24 ab | 39,42 ab | 40,29 b  | 39,42 ab  | 39,39 ab  | 39,01 a | 38,67 a   |
| 27dic 2002      | 38,21 a  | 38,91 ab | 38,58 a  | 38,82 ab  | 38,98 ab  | 39,88 b | 38,86 ab  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.3.2.4. Índice a/b

Análogamente, al estudio realizado con la evolución de los parámetros colorimétricos, se procede a hacer el estudio de los índices colorimétricos

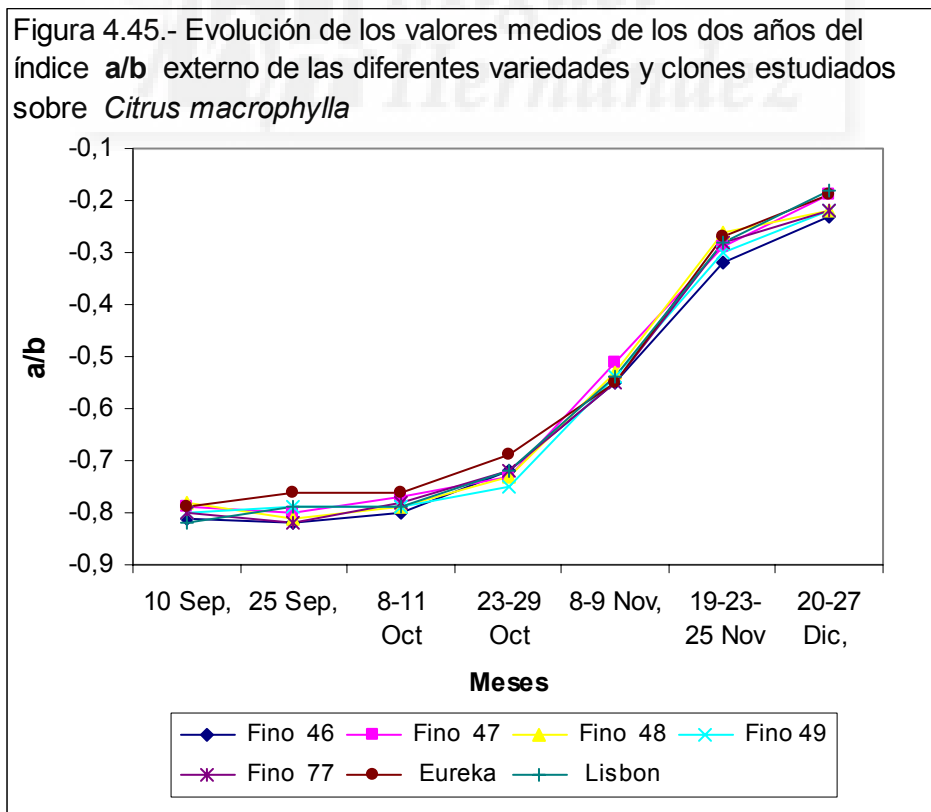
La evolución del índice **a/b** externo puede apreciarse en la Tabla 4.35 así como en la Figura 4.45 Durante los primeros muestreos, de septiembre y primeros de octubre, los valores de la relación **a/b** se mantienen prácticamente constantes en todos los clones y variedades estudiadas. A partir de estas fechas se empieza a apreciar una evolución creciente a lo largo del tiempo en todos los clones y variedades. Dicho incremento, es más acusado, en el periodo de tiempo del 23/29 de octubre al 19/25 de noviembre, para posteriormente disminuir ese incremento hasta finales de diciembre. La variedad Eureka, desde el principio, muestra los valores de **a/b** ligeramente más elevados, en comparación con el resto de clones de Fino y la variedad Lisbon, sin embargo, el 8/9 de noviembre deja de ser la que tiene un valor mayor y presenta valores similares al resto de variedades y clones. Existen diferencias significativas entre las

variedades y clones estudiados, el 11 de octubre de 2001, en el 2002, el 25 de septiembre, el 8 de octubre, el 8, 9 y 25 de noviembre. A finales de diciembre de los dos años no hay diferencias significativas entre los distintos frutos.

**Tabla.-4.35:** Evolución del índice **a/b** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| a/b exter. | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct 2001 | -0,81 ab | -0,79 ab | -0,80 ab | -0,81 ab | -0,79 ab | -0,78 b  | -0,81 a  |
| 29oct2001  | -0,74 a  | -0,75 a  | -0,76 a  | -0,78 a  | -0,75 a  | -0,76 a  | -0,75 a  |
| 9nov2001   | -0,63 a  | -0,62 a  | -0,65 a  | -0,67 a  | -0,62 a  | -0,67 a  | -0,63 a  |
| 23nov2001  | -0,41 a  | -0,38 a  | -0,36 a  | -0,43 a  | -0,39 a  | -0,36 a  | -0,39 a  |
| 20 dic2001 | -0,24 a  | -0,18 a  | -0,21 a  | -0,25 a  | -0,24 a  | -0,20 a  | -0,18 a  |
| 10sep2002  | -0,81 a  | -0,79 a  | -0,78 a  | -0,80 a  | -0,80 a  | -0,79 a  | -0,82 a  |
| 25sep2002  | -0,82 a  | -0,80 a  | -0,81 a  | -0,79 ab | -0,82 a  | -0,76 b  | -0,79 ab |
| 08 oct2002 | -0,80 a  | -0,76 ab | -0,78 ab | -0,77 ab | -0,78 ab | -0,74 b  | -0,77 ab |
| 23oct2002  | -0,70 a  | -0,71 a  | -0,71 a  | -0,72 a  | -0,70 a  | -0,63 b  | -0,70 a  |
| 08nov 2002 | -0,47 ab | -0,40 b  | -0,41 ab | -0,42 ab | -0,49 a  | -0,43 ab | -0,45 ab |
| 19nov 2002 | -0,32 a  | -0,27 ab | -0,23 b  | -0,24 b  | -0,25 b  | -0,23 b  | -0,28 ab |
| 25nov 2002 | -0,23 ab | -0,23 ab | -0,19 b  | -0,24 a  | -0,21 ab | -0,22 ab | -0,19 b  |
| 27dic 2002 | -0,23 a  | -0,20 a  | -0,23 a  | -0,20 a  | -0,20 a  | -0,19 a  | -0,19 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.3.2.5. Índice Ic

La evolución del índice de color **Ic** externo puede apreciarse en la Tabla 4.36 y en la Figura 4.46. De ellos, se puede decir que, la evolución del índice de color **Ic** al igual que el **a/b** es creciente a lo largo del periodo considerado, aunque en los dos primeros muestreos, varían muy poco los valores en casi todas las variedades y clones. Es a partir del 25 de septiembre cuando se aprecia de forma clara ese incremento a lo largo del tiempo. Dicho incremento, es más destacado, desde el 8/11 de octubre al 19/25 de noviembre, en todos los clones de Fino y variedades. A finales de noviembre y hasta finales de diciembre el incremento de **Ic** es más reducido. Los valores más elevados, los presenta la variedad Eureka, sobre todo en los primeros muestreos, para después igualarse por el resto de clones y variedades. El clon Fino 46, es el que presenta los valores más bajos en casi todos los muestreos. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados, en el año 2001 el 11 de octubre, y en el año 2002, el 25 de septiembre, 8 de octubre y el 19 y 25 de noviembre.

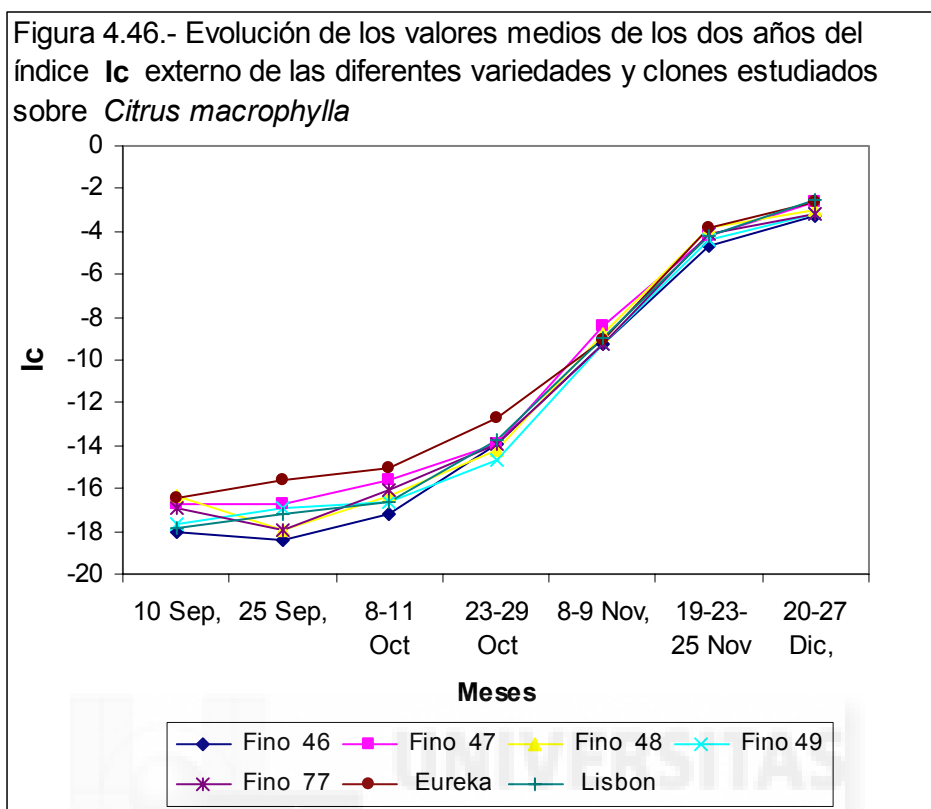
Al igual que el índice **a/b**, a finales de diciembre no hay diferencias significativas entre los frutos de las distintas variedades y clones.

**Tabla.-4.36.:** Evolución del índice **Ic** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>Ic exter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka   | Lisbon    |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 11oct 2001       | -17,54 ab | -16,06 b  | -16,60 ab | -17,59 a  | -16,37 ab | -15,78 b | -17,59 a  |
| 29oct2001        | -14,50 a  | -14,63 a  | -14,73 a  | -15,86 a  | -14,52 a  | -14,81 a | -14,47 a  |
| 9nov2001         | -11,26 a  | -10,99 a  | -11,55 a  | -12,28 a  | -10,96 a  | -11,83 a | -11,16 a  |
| 23nov2001        | -6,36 a   | -5,72 a   | -5,66 a   | -6,73 a   | -5,89 a   | -5,40 a  | -5,98 a   |
| 20 dic 2001      | -3,54 a   | -2,60 a   | -2,94 a   | -3,57 a   | -3,59 a   | -2,77 a  | -2,47 a   |
| 10sep2002        | -18,03 a  | -16,72 a  | -16,35 a  | -17,69 a  | -16,89 a  | -16,43 a | -17,83 a  |
| 25sep2002        | -18,42 a  | -16,74 ab | -17,96 a  | -16,93 ab | -17,99 a  | -15,63 b | -17,15 ab |
| 08 oct2002       | -16,94 a  | -15,10 ab | -16,12 ab | -15,70 ab | -15,83 ab | -14,38 b | -15,71 ab |
| 23oct2002        | -13,40 a  | -13,14 a  | -13,74 a  | -13,55 a  | -13,36 a  | -10,70 b | -13,05 a  |
| 08nov 2002       | -7,24 a   | -5,90 a   | -6,12 a   | -6,20 a   | -7,49 a   | -6,40 a  | -6,78 a   |
| 19nov 2002       | -4,45 a   | -3,85 ab  | -3,19 b   | -3,33 b   | -3,47 b   | -3,13 b  | -3,89 ab  |
| 25nov 2002       | -3,19 ab  | -3,12 ab  | -2,58 b   | -3,24 a   | -2,89 ab  | -3,01 ab | -2,68 ab  |
| 27dic 2002       | -3,06 a   | -2,67 a   | -3,02 a   | -2,74 a   | -2,72 a   | -2,54 a  | -2,55 a   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





#### 4.3.2.6. Índice C

La evolución del cromata **C** externo puede apreciarse en la Tabla 4.37, así como en la Figura 4.47. De ellos, se desprende que, la evolución del cromata es creciente a lo largo del tiempo. Sin embargo, es en el periodo de tiempo comprendido entre el 8/11 octubre al 19/25 de noviembre, cuando se produce un incremento de forma más acusada, en todos los clones de Fino y en la variedad Lisbon, mientras que en la variedad Eureka, se produce del 25 de septiembre al 8/9 de noviembre, para después presentar valores similares al resto de clones y variedades. De finales de noviembre, a finales de diciembre los incrementos en los valores son muy pequeños. La variedad Eureka es la que presenta los valores más elevados en la mayoría de los muestreos realizados. No se aprecia de forma clara un clon o variedad que presente valores más bajos de forma más acusada con respecto a los demás, sin embargo, el clon de Fino 46 y la variedad Lisbon son los que han presentado los valores más bajos en la mayor parte de los muestreos realizados. Existen diferencias significativas entre las variedades y

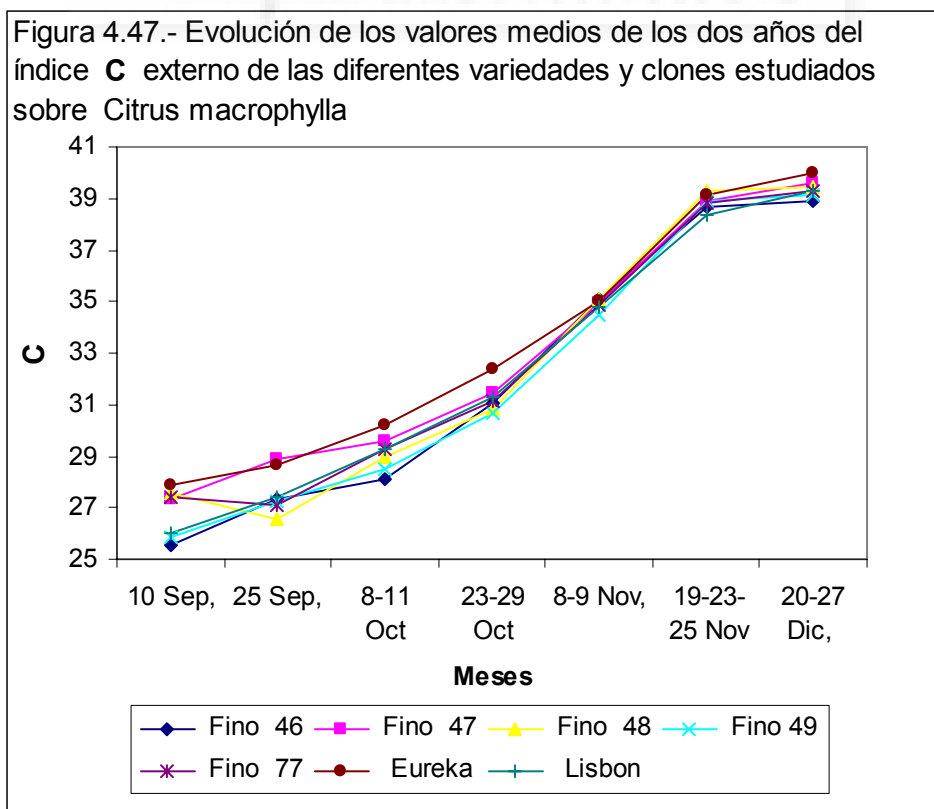
clones estudiados, en el año 2001 el 11 de octubre, y en el año 2002 el 25 de septiembre, el 8 de octubre, los días 19 y 25 de noviembre y el 27 de diciembre.

A diferencia de los dos índices anteriores, en los que en el mes de diciembre no había diferencias significativas en ninguno de los dos años, aquí sí las hay en el 2002, siendo Eureka la que tiene un valor más elevado.

**Tabla.-4.37.:** Evolución del índice C externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| C exter.    | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77   | Eureka   | Lisbon   |
|-------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 11oct2001   | 27,38 a   | 29,10 ab | 28,57 ab | 27,32 a   | 28,58 ab  | 29,54 b  | 29,65 b  |
| 29oct2001   | 30,72 a   | 30,53 a  | 30,60 a  | 29,30 a   | 30,84 a   | 30,33 a  | 30,52 a  |
| 9nov2001    | 32,88 a   | 32,78 a  | 32,67 a  | 31,59 a   | 33,15 a   | 32,52 a  | 32,46 a  |
| 23nov2001   | 37,82 a   | 38,17 a  | 38,00 a  | 37,37 a   | 37,70 a   | 37,93 a  | 37,37 a  |
| 20 dic 2001 | 38,65 a   | 39,41 a  | 39,39 a  | 38,67 a   | 38,87 a   | 39,37 a  | 38,99 a  |
| 10sep2002   | 25,55 a   | 27,35 a  | 27,55 a  | 25,84 a   | 27,41 a   | 27,85 a  | 25,99 a  |
| 25sep2002   | 27,36 ab  | 28,90 c  | 26,57 a  | 27,24 ab  | 27,12 a   | 28,68 bc | 27,37 ab |
| 08 oct2002  | 28,80 a   | 30,09 ab | 29,40 ab | 29,67 ab  | 29,94 b   | 30,82 b  | 28,85 a  |
| 23oct2002   | 31,44 a   | 32,33 a  | 31,19 a  | 32,02 a   | 31,43 a   | 34,42 b  | 32,05 a  |
| 08nov 2002  | 37,25 a   | 37,17 a  | 37,54 a  | 37,40 a   | 36,60 a   | 37,58 a  | 37,05 a  |
| 19nov 2002  | 37,84 a   | 38,16 ab | 38,86 bc | 38,70 abc | 38,55 abc | 39,50 c  | 38,42 ab |
| 25nov 2002  | 40,32 abc | 40,49 bc | 41,03 c  | 40,57 bc  | 40,30 abc | 39,97 ab | 39,40 a  |
| 27dic 2002  | 39,18 a   | 39,73 a  | 39,57 a  | 39,63 a   | 39,78 ab  | 40,61 b  | 39,56 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



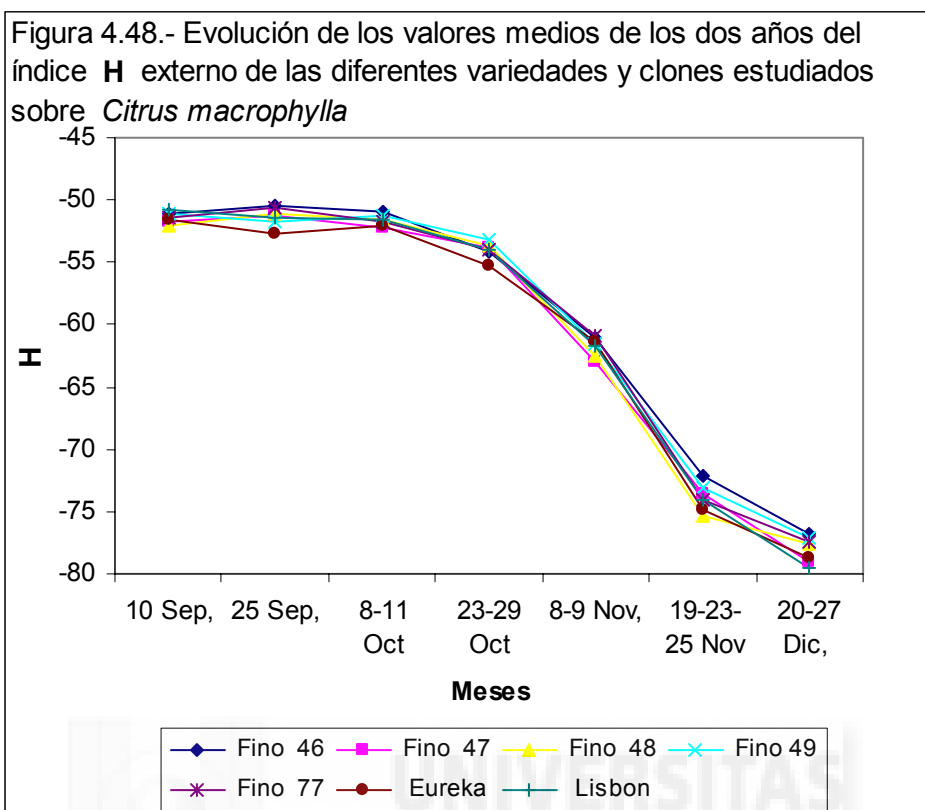
#### 4.3.2.7.- Índice H

La evolución del índice **H** externo puede observarse en la Tabla 4.38 y en la Figura 4.48. Se aprecia que a partir del segundo muestreo realizado, la evolución de **H** es decreciente a lo largo del tiempo en todos los clones y variedades hasta finales de diciembre. Dicho decrecimiento se produce de forma más destacada, desde el 23/29 de octubre hasta el 19/25 de noviembre en todos los clones y variedades. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos del tono con respecto a los demás. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados, en el año 2001 el 11 de octubre, y en el año 2002, en todos los muestreos excepto el primero y el último.

**Tabla.-4.38.:** Evolución del índice **H** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>H exter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001      | -50,75 b  | -51,72 ab | -51,38 ab | -51,21 ab | -51,55 ab | -52,01 a  | -50,74 b  |
| 29oct2001       | -53,15 a  | -53,04 a  | -52,62 a  | -51,87 a  | -53,05 a  | -52,72 a  | -52,91 a  |
| 9nov2001        | -57,45 a  | -57,87 a  | -56,88 a  | -56,04 a  | -57,86 a  | -56,15 a  | -57,76 a  |
| 23nov2001       | -67,38 a  | -69,23 a  | -69,91 a  | -66,64 a  | -68,65 a  | -70,03 a  | -68,72 a  |
| 20 Dic2001      | -76,21 a  | -79,31 a  | -78,04 a  | -75,84 a  | -76,41 a  | -78,31 a  | -79,77 a  |
| 10sep2002       | -51,03 a  | -51,70 a  | -52,01 a  | -51,16 a  | -51,41 a  | -51,66 a  | -50,78 a  |
| 25sep2002       | -50,46 b  | -51,30 b  | -51,14 b  | -51,74 ab | -50,69 b  | -52,74 a  | -51,46 ab |
| 08 oct2002      | -51,29 b  | -52,80 ab | -51,89 ab | -51,31 ab | -52,06 ab | -53,59 a  | -52,47 ab |
| 23oct2002       | -55,02 b  | -54,66 b  | -54,56 b  | -54,39 b  | -54,81 b  | -57,94 a  | -55,05 b  |
| 08nov 2002      | -64,80 ab | -68,07 a  | -68,03 a  | -67,09 ab | -63,79 b  | -66,60 ab | -65,57 ab |
| 19nov 2002      | -72,35 b  | -74,61 ab | -76,89 a  | -76,49 a  | -75,82 a  | -77,08 a  | -74,27 ab |
| 25nov 2002      | -76,90 ab | -76,88 ab | -79,08 a  | -76,35 b  | -77,89 ab | -77,49 ab | -78,95 a  |
| 27dic 2002      | -77,32 a  | -78,69 a  | -77,20 a  | -78,43 a  | -78,48 a  | -79,16 a  | -79,18 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



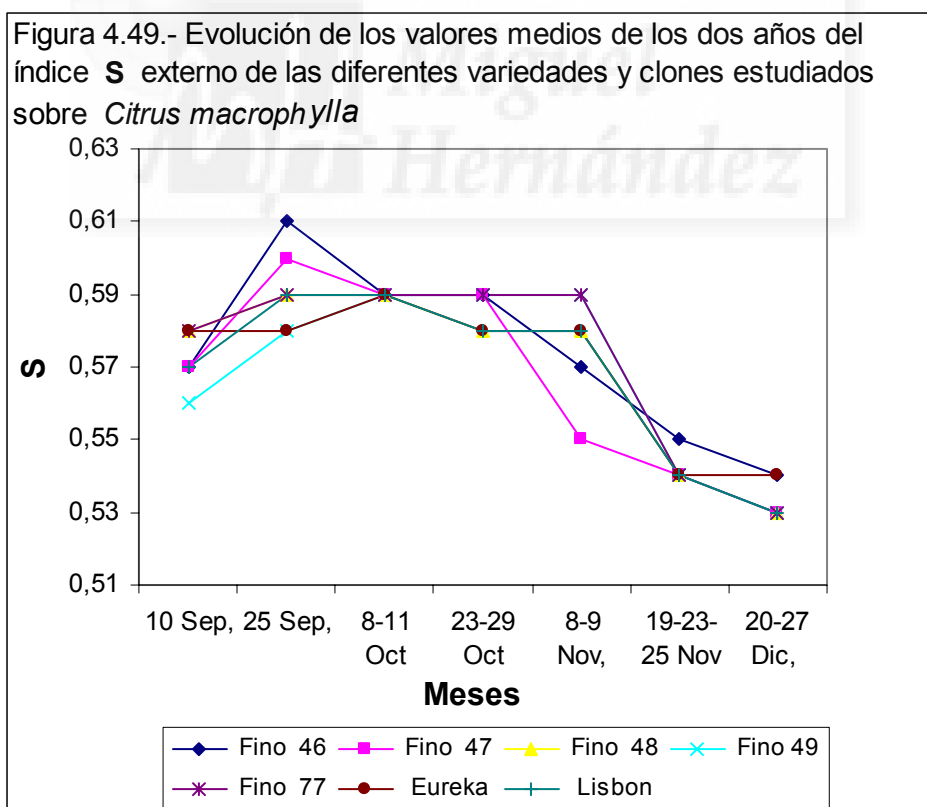
#### 4.3.2.8. Índice S

La evolución de la Saturación **S** externa puede apreciarse en la Tabla 4.39, así como en la Figura 4.49. De ellos se aprecia que, entre el primer y segundo muestreo se produce un ligero crecimiento de la saturación en prácticamente todos los clones y variedades para posteriormente estabilizarse, siendo a partir de finales de octubre cuando comienza a decrecer. No destaca ningún clon o variedad que presente de forma evidente los valores más bajos. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados en la mayoría de los muestreos realizados.

**Tabla.-4.39:** Evolución del índice S externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| S exter.   | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka  | Lisbon  |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 11oct2001  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,58 a  | 0,59 a  |
| 29oct2001  | 0,59 b  | 0,59 ab | 0,58 ab | 0,59 ab | 0,59 ab | 0,58 ab | 0,58 a  |
| 9nov2001   | 0,58 a  | 0,57 a  | 0,57 a  | 0,57 a  | 0,57 a  | 0,57 a  | 0,57 a  |
| 23nov2001  | 0,57 a  | 0,56 a  | 0,56 a  | 0,57 a  | 0,56 a  | 0,56 a  | 0,56 a  |
| 20 Dic2001 | 0,55 b  | 0,54 ab | 0,54 b  | 0,54 b  | 0,54 ab | 0,54 ab | 0,53 a  |
| 10sep2002  | 0,57 ab | 0,57 ab | 0,58 b  | 0,56 a  | 0,58 b  | 0,58 b  | 0,57 ab |
| 25sep2002  | 0,61 c  | 0,60 bc | 0,59 ab | 0,58 a  | 0,59 ab | 0,58 a  | 0,59 ab |
| 08 oct2002 | 0,61 b  | 0,60 ab | 0,60 ab | 0,60 ab | 0,60 b  | 0,60 ab | 0,59 a  |
| 23oct2002  | 0,59 ab | 0,59 ab | 0,59 ab | 0,60 b  | 0,59 ab | 0,58 a  | 0,59 ab |
| 08nov 2002 | 0,56 b  | 0,54 a  | 0,55 ab | 0,55 ab | 0,55 ab | 0,55 ab | 0,55 ab |
| 19nov 2002 | 0,54 b  | 0,53 ab | 0,53 ab | 0,53 ab | 0,52 a  | 0,53 ab | 0,53 ab |
| 25nov 2002 | 0,55 b  | 0,54 ab | 0,55 b  | 0,54 ab | 0,54 b  | 0,54 ab | 0,53 a  |
| 27dic 2002 | 0,53 a  | 0,53 a  | 0,53 a  | 0,53 a  | 0,53 a  | 0,54 a  | 0,53 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



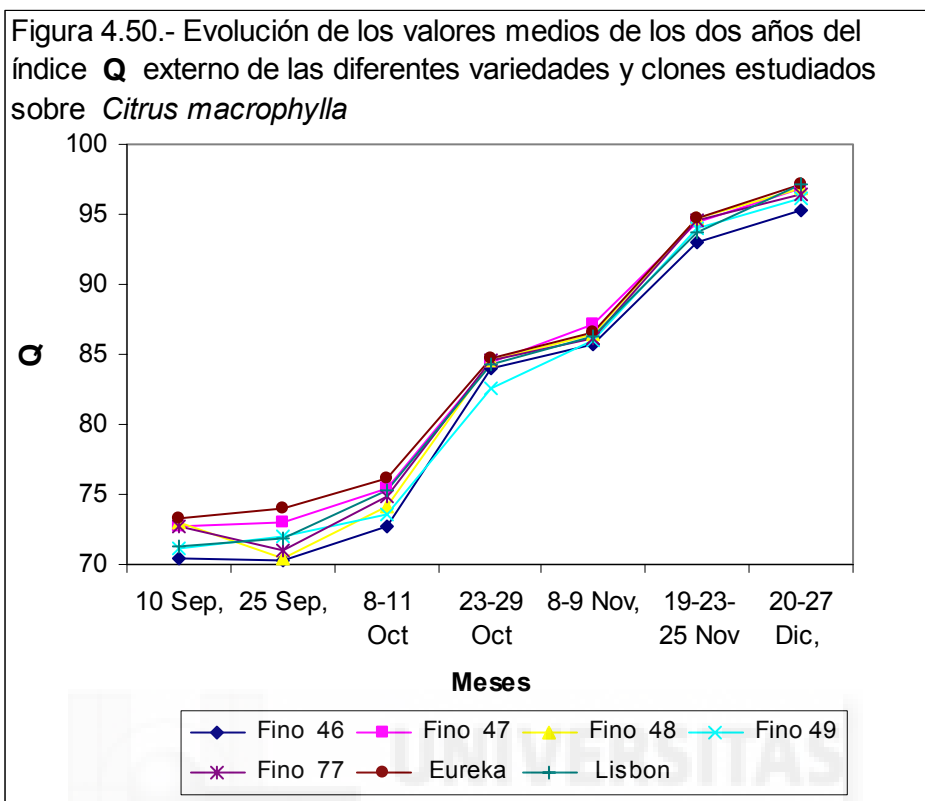
#### 4.3.2.9. Índice Q

La evolución de la luminosidad **Q** externa puede apreciarse en la Tabla 4.40, así como en la Figura 4.50. Su evolución y desarrollo es bastante parecido al del parámetro **L**, descrito anteriormente. Existen diferencias significativas entre variedades y clones, el 11 octubre, y 20 diciembre del año 2001, y el 25 de septiembre, 8 y 23 de octubre, el 19 y 25 noviembre y 27 de diciembre de 2002. Hay una tendencia en Fino 46 a tener los valores más bajos, mientras que Eureka los tiene más elevados.

**Tabla.-4.40.:** Evolución del índice **Q** externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>Q exter.</b> | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001      | 72,84 a  | 75,62 b  | 74,58 ab | 72,84 a   | 74,83 ab  | 75,97 b   | 76,50 b   |
| 29oct2001       | 77,46 a  | 77,31 a  | 77,75 a  | 75,50 a   | 77,97 a   | 77,28 a   | 78,01 a   |
| 9nov2001        | 82,02 a  | 82,57 a  | 82,09 a  | 80,57 a   | 83,33 a   | 82,27 a   | 82,25 a   |
| 23nov2001       | 90,48 a  | 91,55 a  | 91,42 a  | 89,74 a   | 91,21 a   | 92,06 a   | 90,65 a   |
| 20 Dic2001      | 94,34 a  | 96,49 b  | 96,35 b  | 95,10 ab  | 95,68 ab  | 96,51 b   | 97,09 b   |
| 10sep2002       | 70,40 a  | 72,78 a  | 73,03 a  | 71,21 a   | 72,76 a   | 73,30 a   | 71,25 a   |
| 25sep2002       | 70,29 a  | 73,03 bc | 70,46 a  | 71,99 abc | 70,93 ab  | 73,95 c   | 71,90 abc |
| 08 oct2002      | 72,56 a  | 75,27 ab | 73,78 ab | 74,37 ab  | 74,81 ab  | 76,20 b   | 74,10 ab  |
| 23oct2002       | 77,26 a  | 78,65 a  | 76,75 a  | 77,51 a   | 77,66 a   | 82,68 b   | 78,19 a   |
| 08nov 2002      | 89,38 a  | 91,67 a  | 90,84 a  | 91,37 a   | 89,10 a   | 90,83 a   | 90,23 a   |
| 19nov 2002      | 93,03 a  | 94,54 ab | 95,70 b  | 94,71 ab  | 95,78 b   | 96,04 b   | 95,10 b   |
| 25nov 2002      | 95,63 ab | 97,03 bc | 97,08 c  | 97,34 c   | 96,67 abc | 96,20 abc | 95,55 a   |
| 27dic 2002      | 96,11 a  | 97,14 ab | 97,35 b  | 97,08 ab  | 97,24 b   | 97,78 b   | 97,26 b   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### **4.4.- EVOLUCIÓN DEL COLOR INTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO**

##### **4.4.1. Evolución del color interno de las variedades y clones de limón injertadas sobre naranjo amargo**

De manera similar a como se ha realizado la evolución del color de la corteza del limón a lo largo de todo el periodo de maduración, en este epígrafe se realiza la evolución del color interno una vez partido el fruto ecuatorialmente, tal como se ha expuesto en materiales y métodos. Las Figuras de este epígrafe son la media de los valores tomados en los dos años.

#### 4.4.1.1. Parámetro L

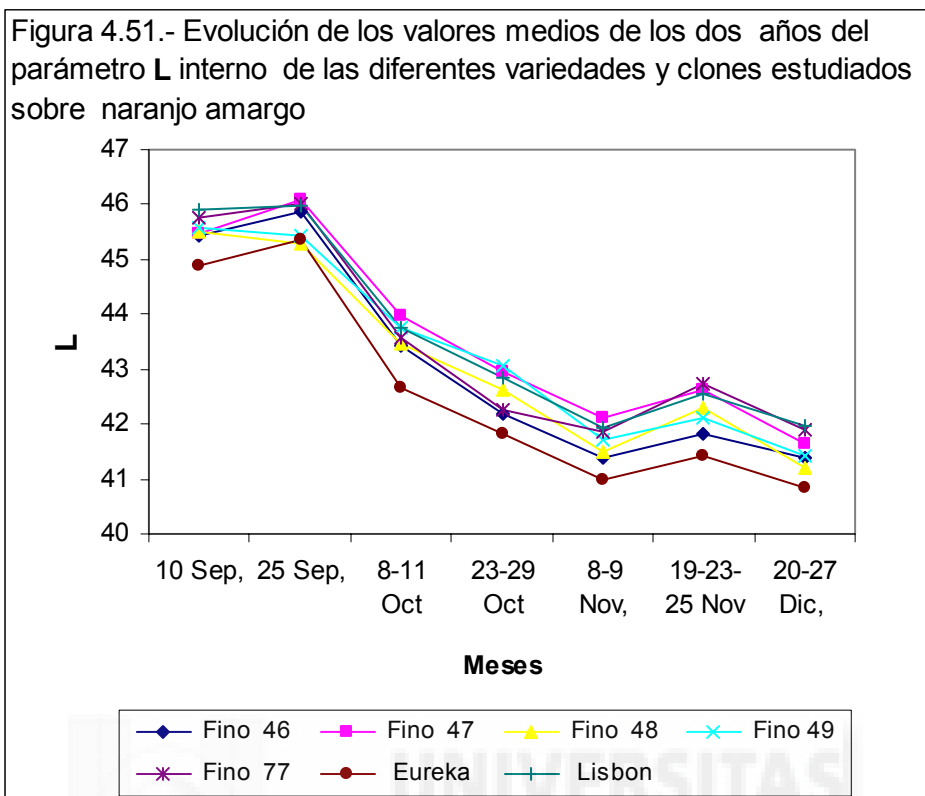
La evolución del parámetro L interno puede observarse en la Tabla 4.41 y también en la Figura 4.51 en donde se refleja dicha evolución pero como la media de los valores tomados en los dos años. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro L, o de la claridad, es decreciente a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo bastante reducido, comprendido entre los valores de la claridad 46 y 41 mientras que los datos tomados en el exterior de los limones, están en la banda del 50/80 lo que nos indica mayor claridad en el exterior que en el interior del fruto. Cabe destacar el clon Fino 47, que presenta valores ligeramente más altos de la claridad en la mayor parte de los muestreos, mientras Eureka presenta los valores más bajos, es decir, es más oscuro. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos. En general el resto de clones y variedades presentan valores similares. Existen diferencias significativas entre las variedades y clones estudiados, en la mayoría de los muestreos realizados, con la tendencia mencionada anteriormente.

**Tabla 4.41.:** Evolución del parámetro L interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| L inter.    | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49    | Fino 77   | Eureka  | Lisbon    |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|-----------|
| 11oct 2001  | 42,77 abc | 43,66 c   | 43,30 abc | 43,45 bc   | 42,72 ab  | 42,50 a | 43,45 bc  |
| 29oct2001   | 41,63 ab  | 42,29 bc  | 41,93 b   | 42,66 c    | 41,83 ab  | 41,19 a | 42,28 bc  |
| 9nov2001    | 40,96 ab  | 41,29 bc  | 41,33 bc  | 41,38 bc   | 41,07 abc | 40,51 a | 41,67 c   |
| 23nov2001   | 40,83 abc | 41,5 cd   | 40,78 ab  | 41,13 abcd | 41,36 bcd | 40,37 a | 41,62 d   |
| 20 dic 2001 | 40,96 bc  | 41,52 c   | 40,83 ab  | 41,15 bc   | 41,30 bc  | 40,26 a | 41,54 c   |
| 10sep2002   | 45,45 a   | 45,48 a   | 45,50 a   | 45,58 a    | 45,75 a   | 44,87 a | 45,91 a   |
| 25sep2002   | 45,87 a   | 46,08 a   | 45,29 a   | 45,45 a    | 46,00 a   | 45,35 a | 45,97 a   |
| 08oct2002   | 44,10 b   | 44,26 b   | 43,62 ab  | 44,10 b    | 44,44 b   | 42,83 a | 44,05 b   |
| 23oct2002   | 43,24 ab  | 43,66 b   | 42,90 ab  | 43,90 ab   | 43,84 b   | 42,33 a | 43,71 b   |
| 08nov 2002  | 41,84 ab  | 42,93 c   | 41,66 a   | 42,06 ab   | 42,65 bc  | 41,47 a | 42,24 abc |
| 19nov 2002  | 42,86 abc | 43,44 bc  | 43,14 abc | 42,50 ab   | 43,54 c   | 42,26 a | 43,28 abc |
| 25nov 2002  | 41,74 a   | 42,93 b   | 42,93 b   | 42,74 b    | 43,26 b   | 41,69 a | 42,80 b   |
| 27dic 2002  | 41,79 abc | 41,76 abc | 41,58 ab  | 41,71 abc  | 42,49 c   | 41,45 a | 42,41 bc  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





#### 4.4.1.2. Parámetro **a**

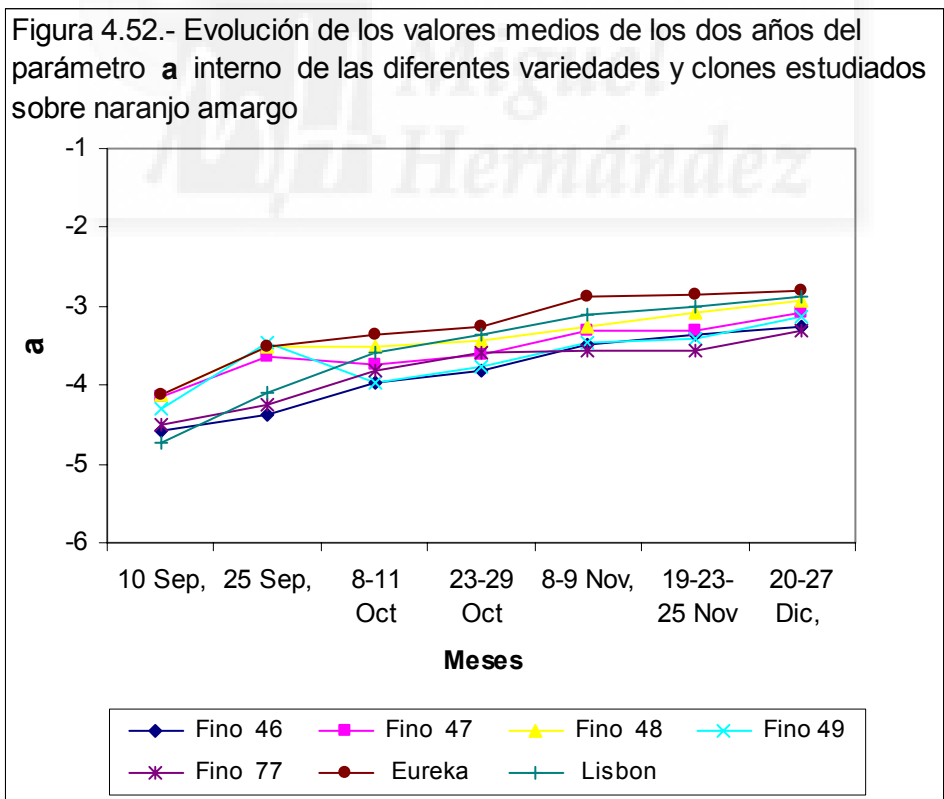
La evolución del parámetro **a** interno puede observarse en la Tabla 4.42 así como en la Figura 4.52 en la que se refleja dicha evolución pero como la media de los valores tomados en los dos años. Todos los valores de **a** son negativos, es decir, presentan todos tonos verdosos, pero al ser sus valores pequeños (entre -4 y -2), su tonalidad es gris verdosa, siendo prácticamente la misma en todos los clones y variedades. Todos ellos evolucionan de forma similar en estos meses, habiendo una pérdida progresiva del tono verde desde el 10 de septiembre al 8/9 de noviembre para luego estabilizarse hasta finales de diciembre. Cabe destacar a la variedad Eureka, que presenta en la mayoría de los muestreos los valores de **a** internos más altos, y Fino 77 los más pequeños (más verdes).

Los clones y variedades presentan diferencias significativas en todas las fechas estudiadas.

**Tabla 4.42.:** Evolución del parámetro **a** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| a inter.    | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77    | Eureka   | Lisbon    |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| 11oct2001   | -4,18 ab  | -4,05 abc | -3,72 bcd | -4,26 a   | -3,79 abcd | -3,50 d  | -3,53 cd  |
| 29oct2001   | -3,64 ab  | -3,53 ab  | -3,41 b   | -3,99 a   | -3,49 ab   | -3,32 b  | -3,13 b   |
| 9nov2001    | -3,59 a   | -3,26 ab  | -3,20 ab  | -3,58 a   | -3,14 ab   | -3,01 ab | -2,98 b   |
| 23nov2001   | -3,50 a   | -3,48 a   | -3,08 ab  | -3,55 a   | -3,40 a    | -2,86 b  | -2,87 b   |
| 20 dic 2001 | -3,7 a    | -3,65 a   | -3,34 ab  | -3,70 a   | -3,70 a    | -3,05 b  | -3,09 b   |
| 10sep2002   | -4,59 ab  | -4,14 c   | -4,11 c   | -4,31 bc  | -4,49 abc  | -4,13 c  | -4,72 a   |
| 25sep2002   | -4,37 a   | -3,63 bc  | -3,50 c   | -3,45 c   | -4,24 a    | -3,52 c  | -4,09 ab  |
| 08oct2002   | -3,77 ab  | -3,44 ab  | -3,28 b   | -3,67 ab  | -3,86 a    | -3,25 b  | -3,66 ab  |
| 23oct2002   | -3,99 a   | -3,69 ab  | -3,46 ab  | -3,56 ab  | -3,67 ab   | -3,22 b  | -3,59 ab  |
| 08nov 2002  | -3,67 ab  | -3,54 ab  | -3,26 bc  | -3,46 ab  | -3,82 a    | -2,98 c  | -3,39 abc |
| 19nov 2002  | -3,40 ab  | -3,33 abc | -2,87 c   | -3,28 abc | -3,54 a    | -3,02 bc | -3,16 abc |
| 25nov 2002  | -3,20 abc | -3,13 bc  | -3,31 ab  | -3,38 ab  | -3,76 a    | -2,70 c  | -2,97 bc  |
| 27dic 2002  | -2,84 ab  | -2,50 b   | -2,52 ab  | -2,58 ab  | -2,94 a    | -2,53 ab | -2,66 ab  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



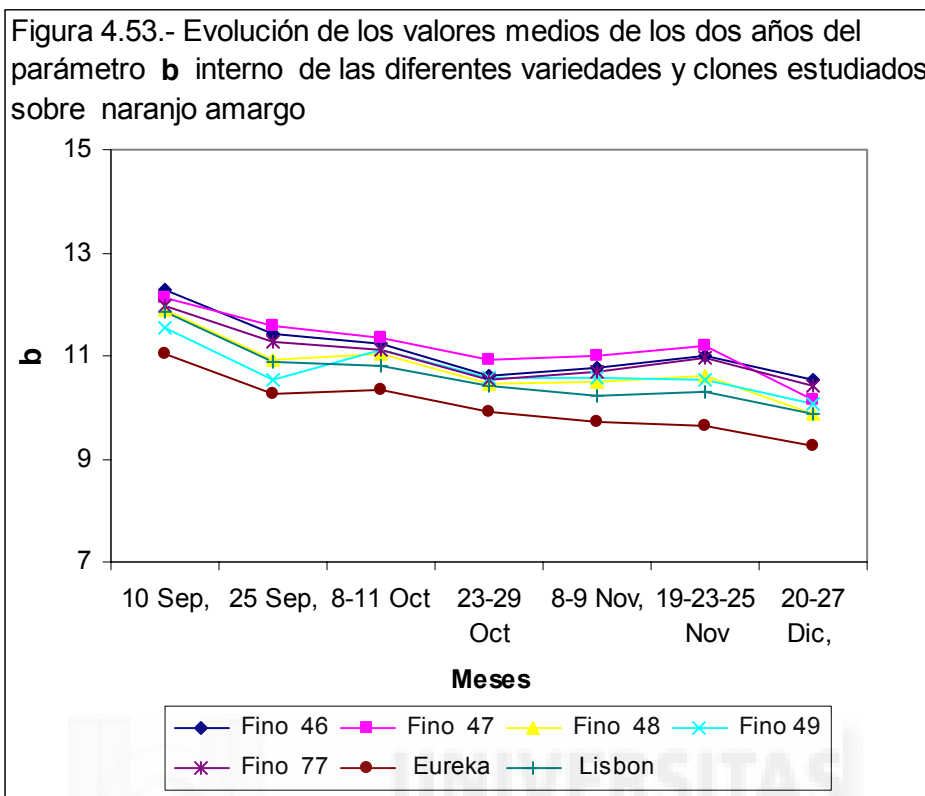
#### 4.4.1.3. Parámetro b

La evolución del parámetro **b** interno puede observarse en la Tabla 4.43, y también en la Figura 4.53. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro b es ligeramente decreciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de b externo), comprendido entre 12 y 9. Cabe destacar a la variedad Eureka, que tiene los valores más bajos en la mayor parte de los muestreos, y de los demás no destaca ningún clon o variedad con valores más altos. Existen diferencias significativas, entre clones y variedades, en todos los muestreos.

**Tabla 4.43.:** Evolución del parámetro **b** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>b inter.</b> | Fino 46   | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77   | Eureka  | Lisbon   |
|-----------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|----------|
| 11oct 2001      | 11,38 bc  | 11,69 c  | 11,55 bc | 11,55 bc  | 10,98 abc | 10,46 a | 10,87 ab |
| 29oct2001       | 10,67 abc | 11,22 bc | 10,63 ab | 11,31 c   | 10,4 a    | 10,10 a | 10,47 a  |
| 9nov2001        | 10,53 ab  | 10,79 b  | 10,33 ab | 10,45 ab  | 10,24 ab  | 9,74 a  | 9,97 a   |
| 23nov2001       | 10,40 bc  | 10,99 c  | 9,95 ab  | 10,26 abc | 10,50 bc  | 9,42 a  | 9,94 ab  |
| 20 dic 2001     | 10,87 bc  | 10,29 c  | 10,38 ab | 10,78 bc  | 10,81 bc  | 9,78 a  | 10,46 b  |
| 10sep2002       | 12,28 c   | 12,11 c  | 11,90 bc | 11,55 b   | 11,98 bc  | 11,03 a | 11,86 bc |
| 25sep2002       | 11,43 cd  | 11,58 d  | 10,93 bc | 10,53 ab  | 11,26 cd  | 10,25 a | 10,88 bc |
| 08oct2002       | 11,10 b   | 11,04 b  | 10,53 ab | 10,66 ab  | 11,22 b   | 10,23 a | 10,74 ab |
| 23oct2002       | 10,58 b   | 10,64 b  | 10,28 ab | 9,83 a    | 10,64 b   | 9,70 a  | 10,35 ab |
| 08nov 2002      | 11,04 b   | 11,19 b  | 10,64 b  | 10,67 b   | 11,13 b   | 9,73 a  | 10,50 b  |
| 19nov 2002      | 11,32 c   | 11,30 c  | 10,64 b  | 10,51 b   | 10,95 bc  | 9,75 a  | 10,64 b  |
| 25nov 2002      | 11,32 c   | 11,28 c  | 11,24 c  | 10,87 bc  | 11,48 c   | 9,76 a  | 10,36 ab |
| 27dic 2002      | 10,17 d   | 10,00 cd | 9,40 bc  | 9,35 b    | 10,03 cd  | 8,71 a  | 9,29 ab  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.4.1.4. Índice a/b

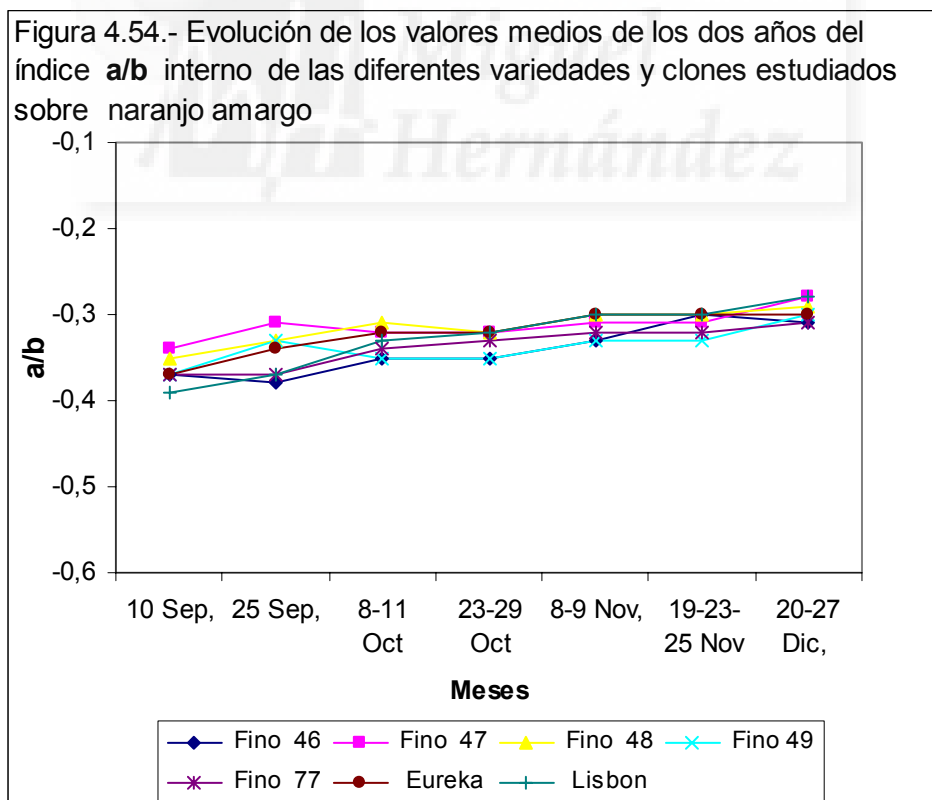
Análogamente, al estudio realizado con la evolución de los parámetros colorimétricos, se procede a hacer el estudio de los índices colorimétricos

La evolución del cociente **a/b** interno puede apreciarse en la Tabla 4.44 así como en la Figura 4.54. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del cociente **a/b** es ligeramente creciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **a/b** externo), comprendido entre -0,39 y -0,28 hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. En general, los clones y variedades estudiados muestran valores similares, dentro del intervalo considerado. Se aprecian diferencias significativas en todos los muestreos, realizados, pero sin una tendencia clara de ninguna variedad o clon que se distinga de los demás.

**Tabla 4.44.:** Evolución del índice **a/b** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| a/b inter.  | Fino 46  | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49  | Fino 77   | Eureka    | Lisbon   |
|-------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 11oct 2001  | -0,36 a  | -0,34 ab  | -0,32 b   | -0,36 a  | -0,34 ab  | -0,33 b   | -0,32 b  |
| 29oct2001   | -0,34 ab | -0,31 bc  | -0,32 abc | -0,35 a  | -0,33 abc | -0,32 abc | -0,29 c  |
| 9nov2001    | -0,34 ab | -0,30 bc  | -0,30 abc | -0,34 a  | -0,30 abc | -0,30 abc | -0,29 c  |
| 23nov2001   | -0,33 ab | -0,31 abc | -0,30 bc  | -0,34 a  | -0,32 bc  | -0,30 bc  | -0,28 c  |
| 20 dic 2001 | -0,34 a  | -0,32 ab  | -0,32 ab  | -0,34 a  | -0,34 a   | -0,31 ab  | -0,29 b  |
| 10sep2002   | -0,37 ab | -0,34 c   | -0,35 bc  | -0,37 ab | -0,37 ab  | -0,37 ab  | -0,39 a  |
| 25sep2002   | -0,38 a  | -0,31 c   | -0,33 c   | -0,33 c  | -0,37 ab  | -0,34 bc  | -0,37 ab |
| 08oct2002   | -0,34 a  | -0,31 a   | -0,31 a   | -0,34 a  | -0,34 a   | -0,32 a   | -0,34 a  |
| 23oct2002   | -0,37 a  | -0,34 a   | -0,33 a   | -0,36 a  | -0,34 a   | -0,33 a   | -0,35 a  |
| 08nov 2002  | -0,33 ab | -0,32 ab  | -0,30 b   | -0,32 ab | -0,34 a   | -0,30 b   | -0,32 ab |
| 19nov 2002  | -0,30 ab | -0,29 ab  | -0,27 b   | -0,31 a  | -0,32 a   | -0,31 a   | 0,29 ab  |
| 25nov 2002  | -0,28 b  | -0,28 b   | -0,29 ab  | -0,31 ab | -0,33 a   | -0,28 b   | -0,29 ab |
| 27dic 2002  | -0,28 a  | -0,25 b   | -0,27 ab  | -0,27 ab | -0,29 a   | -0,29 a   | -0,28 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



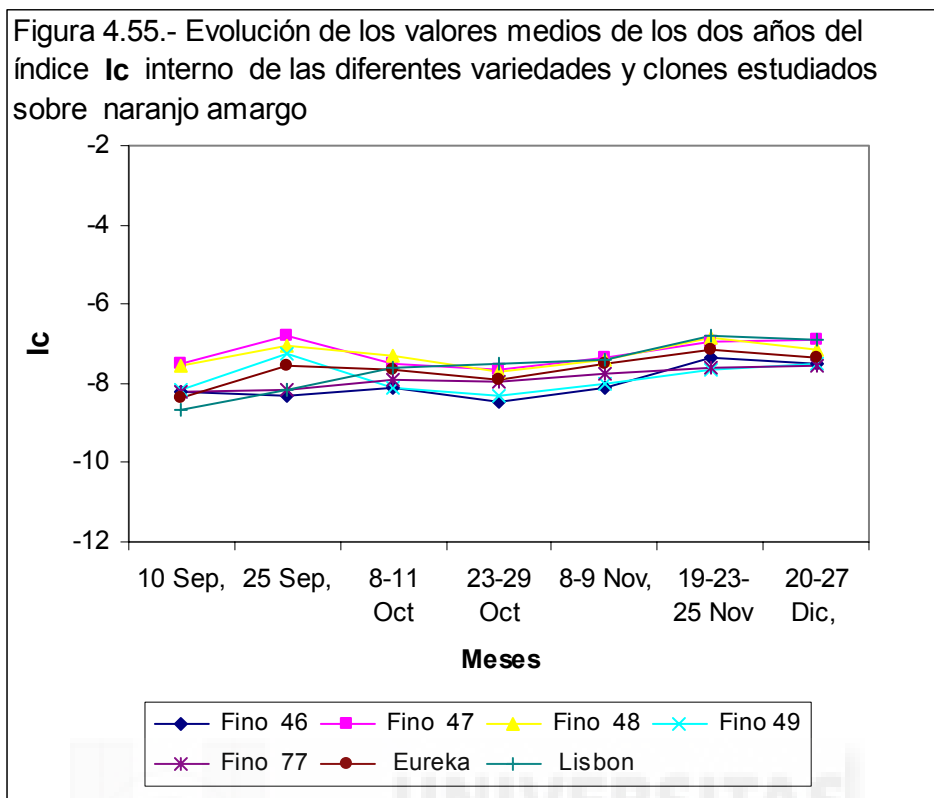
#### 4.4.1.5. Índice Ic

La evolución del índice de color **Ic** interno puede apreciarse en la Tabla 4.45 así como en la Figura 4.55. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del índice de color **Ic** es, en general ligeramente creciente, al igual que **a/b** interno, a lo largo del periodo considerado pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **Ic** externo), comprendido entre -8,66 y -6,79 hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. En general, los clones y variedades estudiados muestran valores similares, dentro del intervalo considerado. Se aprecian diferencias significativas, entre clones y variedades, en la mayoría de los muestreos realizados, pero sin destacar claramente ninguno de ellos.

**Tabla 4.45.:** Evolución del índice **Ic** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>Ic inter.</b> | Fino 46  | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon   |
|------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 11oct2001        | -8,58 a  | -7,92 bcd | -7,44 d   | -8,47 ab  | -8,07 abc | -7,87 bcd | -7,47 cd |
| 29oct2001        | -8,20 ab | -7,45 bc  | -7,63 abc | -8,24 a   | -8,02 ab  | -7,98 ab  | -7,03 c  |
| 9nov2001         | -8,31 a  | -7,33 b   | -7,48 ab  | -8,29 a   | -7,46 ab  | -7,64 ab  | -7,14 b  |
| 23nov2001        | -8,25 ab | -7,64 abc | -7,57 bc  | -8,37 a   | -7,83 ab  | -7,51 bc  | -6,92 c  |
| 20 dic 2001      | -8,29 a  | -7,79 ab  | -7,87 ab  | -8,35 a   | -8,29 a   | -7,75 ab  | -7,10 b  |
| 10sep2002        | -8,23 ab | -7,50 c   | -7,58 bc  | -8,18 abc | -8,21 abc | -8,35 ab  | -8,66 a  |
| 25sep2002        | -8,33 a  | -6,79 b   | -7,06 b   | -7,23 b   | -8,18 a   | -7,56 ab  | -8,18 a  |
| 08oct2002        | -7,67 a  | -7,04 a   | -7,13 a   | -7,80 a   | -7,77 a   | -7,42 a   | -7,73 a  |
| 23oct2002        | -8,69 a  | -7,90 a   | -7,82 a   | -8,43 a   | -7,88 a   | -7,86 a   | -7,93 a  |
| 08nov 2002       | -7,93 ab | -7,37 b   | -7,33 b   | -7,72 ab  | -8,05 a   | -7,39 b   | -7,65 ab |
| 19nov 2002       | -7,00 a  | -6,76 ab  | -6,24 b   | -7,35 a   | -7,43 a   | -7,32 a   | -6,84 ab |
| 25nov 2002       | -6,75 ab | -6,46 b   | -6,82 ab  | -7,23 ab  | -7,57 a   | -6,63 b   | -6,70 ab |
| 27dic 2002       | -6,68 a  | -5,97 b   | -6,43 ab  | -6,61 a   | -6,87 a   | -7,00 a   | -6,73 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



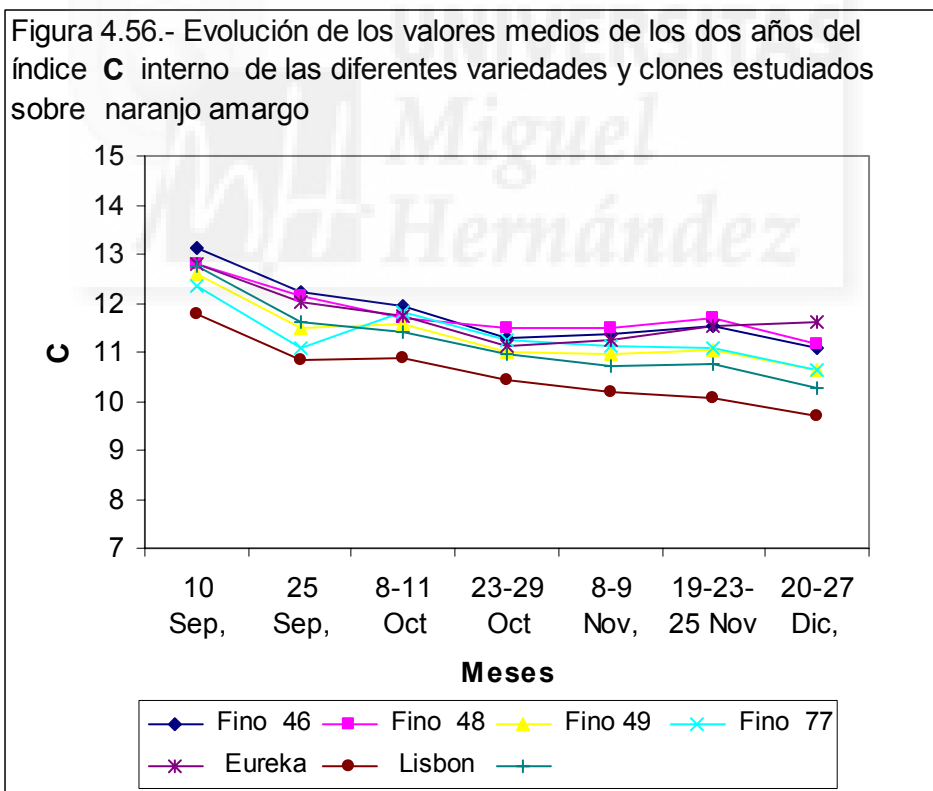
#### 4.4.1.6. Índice C

La evolución del cromata **C** interno puede apreciarse en la Tabla 4.46 así como en la Figura 4.56. De ellos, se deduce que, la evolución del cromata es en general, decreciente a lo largo del periodo considerado pero en valores absolutos, dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **C** externo), comprendido entre 13 y 9 mientras que en el externo los valores están entre 27 y 41. Cabe distinguir a la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos en todos muestreos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, aunque hay cierta tendencia en Fino 47 en el año 2001 y Fino 46 en el 2002. En general el resto de clones y variedades tienen valores similares. En todos los muestreos, se aprecian diferencias significativas entre clones y variedades.

**Tabla 4.46.:** Evolución del índice **C** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertados sobre naranjo amargo.

| <b>C inter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka  | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| 11oct2001       | 12,12 bc  | 12,37 c   | 12,13 bc  | 12,32 c   | 11,61 abc | 11,03 a | 11,43 ab  |
| 29oct2001       | 11,28 abc | 11,76 bc  | 11,17 ab  | 12,00 c   | 10,97 ab  | 10,63 a | 10,93 a   |
| 9nov2001        | 11,13 ab  | 11,28 bc  | 10,81 ab  | 11,04 bc  | 10,71 ab  | 10,19 a | 10,41 ab  |
| 23nov2001       | 10,98 bc  | 11,53 c   | 10,41 ab  | 10,86 abc | 11,04 bc  | 9,84 a  | 10,35 ab  |
| 20 dic 2001     | 11,49 bc  | 11,86 c   | 10,90 ab  | 11,39 bc  | 11,43 bc  | 10,24 a | 10,91 ab  |
| 10sep2002       | 13,11 c   | 12,80 bc  | 12,60 b   | 12,33 b   | 12,79 bc  | 11,77 a | 12,76 bc  |
| 25sep2002       | 12,24 d   | 12,14 d   | 11,48 abc | 11,09 ab  | 12,03 cd  | 10,83 a | 11,63 bcd |
| 08oct2002       | 11,73 bc  | 11,56 abc | 11,03 ab  | 11,28 abc | 11,87 c   | 10,73 a | 11,35 abc |
| 23oct2002       | 11,31 b   | 11,27 b   | 10,85 ab  | 10,46 a   | 11,27 b   | 10,22 a | 10,96 ab  |
| 08nov 2002      | 11,64 b   | 11,74 b   | 11,13 b   | 11,21 b   | 11,77 b   | 10,18 a | 11,04 b   |
| 19nov 2002      | 11,82 c   | 11,79 c   | 11,03 b   | 11,01 b   | 11,51 bc  | 10,20 a | 11,10 bc  |
| 25nov 2002      | 11,77 c   | 11,72 bc  | 11,72 bc  | 11,39 bc  | 12,08 c   | 10,13 a | 10,78 ab  |
| 27dic 2002      | 10,56 d   | 10,31 bcd | 9,74 abc  | 9,70 ab   | 10,45 cd  | 9,07 a  | 9,66 ab   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





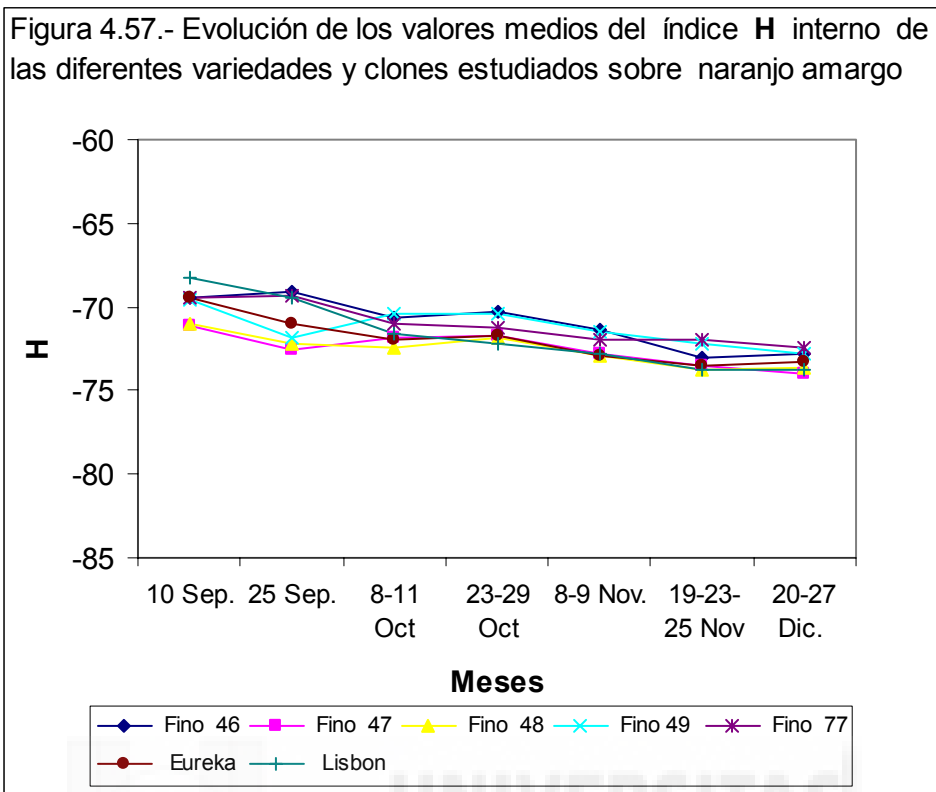
#### 4.4.1.7.- Índice H

La evolución del índice **H** interno puede observarse en la Tabla 4.47 así como en la Figura 4.57. En todos los clones y variedades de limonero, la evolución de **H** es ligeramente decreciente a lo largo del periodo considerado pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido, comprendido entre -68 y -75 (en comparación con los valores de **H** externo, que está entre -50 a -80), hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. En general, los clones y variedades estudiados muestran valores similares, dentro del intervalo considerado. Se aprecian diferencias significativas, entre clones y variedades, en la mayoría los muestreos, pero sin destacarse claramente ninguno de ellos.

**Tabla 4.47.:** Evolución del índice **H** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>H inter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48    | Fino 49   | Fino 77    | Eureka     | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| 11oct 2001      | -69,84 b  | -70,91 ab | -72,13 a   | -69,78 b  | -70,95 ab  | -71,50 a   | -71,99 a  |
| 29oct2001       | -71,14 bc | -72,51 ab | -72,24 abc | -70,63 c  | -71,44 bc  | -71,78 abc | -73,42 ab |
| 9nov2001        | -71,20 bc | -73,15 bc | -72,81 abc | -71,06 c  | -72,95 abc | -72,80 abc | -73,41 a  |
| 23nov2001       | -71,38 bc | -72,40 ab | -72,83 ab  | -70,99 c  | -72,05 bc  | -73,11 ab  | -73,90 a  |
| 20 dic 2001     | -71,23 b  | -72,07 ab | -72,16 ab  | -71,02 b  | -71,08 b   | -72,66 ab  | -73,56 a  |
| 10sep2002       | -69,48 bc | -71,15 a  | -70,96 ab  | -69,56 bc | -69,43 bc  | -69,47 bc  | -68,30 c  |
| 25sep2002       | -69,09 c  | -72,61 a  | -72,26 a   | -71,84 a  | -69,37 bc  | -71,06 ab  | -69,39 bc |
| 08oct2002       | -71,34 a  | -72,69 a  | -72,72 a   | -71,01 a  | -70,96 a   | -72,36 a   | -71,20 a  |
| 23oct2002       | -69,40 a  | -70,95 a  | -71,45 a   | -70,12 a  | -70,98 a   | -71,64 a   | -70,89 a  |
| 08nov 2002      | -71,64 ab | -72,45 ab | -73,02 a   | -72,01 ab | -71,05 b   | -72,96 a   | -72,09 ab |
| 19nov 2002      | -73,29 ab | -73,63 ab | -74,90 a   | -72,65 b  | -72,08 b   | -72,80 b   | -73,50 ab |
| 25nov 2002      | -74,27 a  | -74,50 a  | -73,67 ab  | -72,82 ab | -71,88 b   | -74,54 a   | -73,99 a  |
| 27dic 2002      | -74,40 b  | -76,00 a  | -75,01 ab  | -74,58 ab | -73,72 b   | -73,81 b   | -74,07 b  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



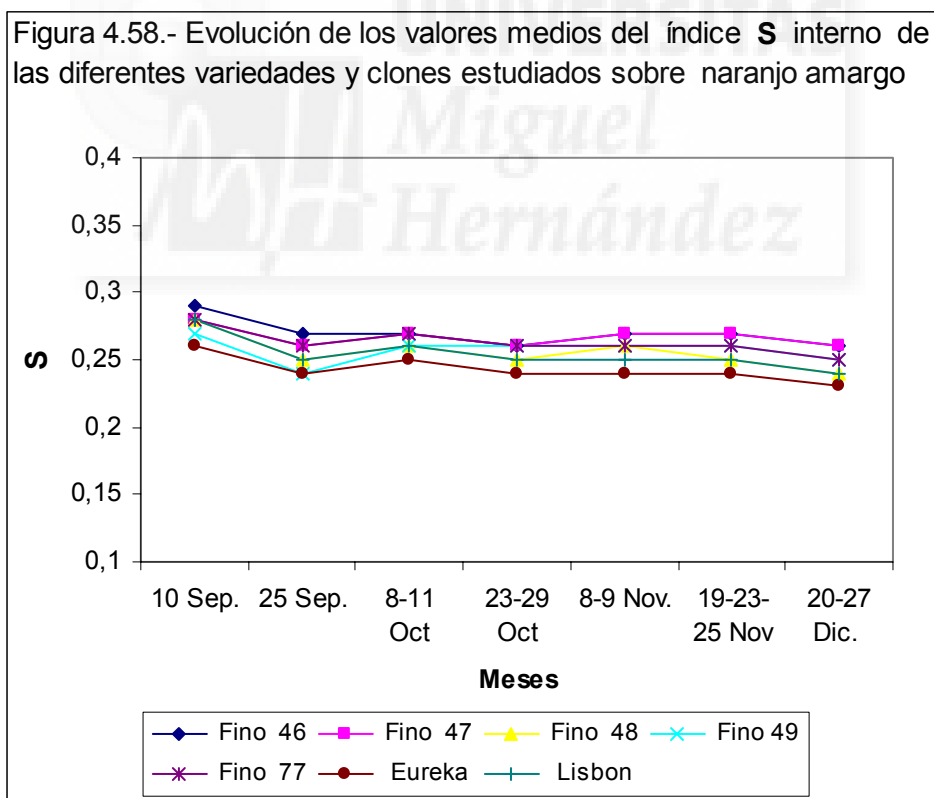
#### 4.4.1.8.- Índice S

La evolución de la Saturación **S** interna puede apreciarse en la Tabla 4.48 así como en la Figura 4.58. En todos los clones y variedades de limonero la evolución de la saturación **S** es ligeramente decreciente a lo largo del periodo considerado, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **S** externo), comprendido entre 0,29 y 0,23. Cabe distinguir a la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos en la mayoría de los muestreos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, a pesar de que se aprecian diferencias significativas, en casi todos los muestreos.

**Tabla 4.48.:** Evolución del índice **S** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| S inter.    | Fino 46  | Fino 47 | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77  | Eureka  | Lisbon  |
|-------------|----------|---------|----------|-----------|----------|---------|---------|
| 11oct 2001  | 0,28 b   | 0,28 b  | 0,28 b   | 0,28 b    | 0,27 ab  | 0,25 a  | 0,26 a  |
| 29oct2001   | 0,27 abc | 0,27 bc | 0,26 abc | 0,28 c    | 0,26 ab  | 0,25 a  | 0,25 a  |
| 9nov2001    | 0,27 bc  | 0,27 c  | 0,26 abc | 0,26 abc  | 0,26 abc | 0,25 ab | 0,24 a  |
| 23nov2001   | 0,26 cd  | 0,27 d  | 0,25 abc | 0,26 abcd | 0,26 bcd | 0,24 a  | 0,24 ab |
| 20 dic 2001 | 0,28 bc  | 0,28 c  | 0,26 ab  | 0,27 bc   | 0,27 bc  | 0,25 a  | 0,26 a  |
| 10sep2002   | 0,29 c   | 0,28 bc | 0,28 bc  | 0,27 ab   | 0,28 bc  | 0,26 a  | 0,28 bc |
| 25sep2002   | 0,27 c   | 0,26 bc | 0,25 ab  | 0,24 a    | 0,26 bc  | 0,24 a  | 0,25 ab |
| 08oct2002   | 0,27 a   | 0,26 a  | 0,25 a   | 0,25 a    | 0,27 a   | 0,25 a  | 0,26 a  |
| 23oct2002   | 0,26 b   | 0,26 b  | 0,25 ab  | 0,24 a    | 0,26 b   | 0,24 a  | 0,25 ab |
| 08nov 2002  | 0,28 c   | 0,27 bc | 0,27 bc  | 0,27 bc   | 0,27 bc  | 0,24 a  | 0,26 b  |
| 19nov 2002  | 0,27 c   | 0,27 c  | 0,25 ab  | 0,26 bc   | 0,26 bc  | 0,24 a  | 0,26 bc |
| 25nov 2002  | 0,28 c   | 0,27 c  | 0,27 c   | 0,26 bc   | 0,28 c   | 0,24 a  | 0,25 ab |
| 27dic 2002  | 0,25 c   | 0,25 c  | 0,23 ab  | 0,23 ab   | 0,24 bc  | 0,22 a  | 0,23 ab |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



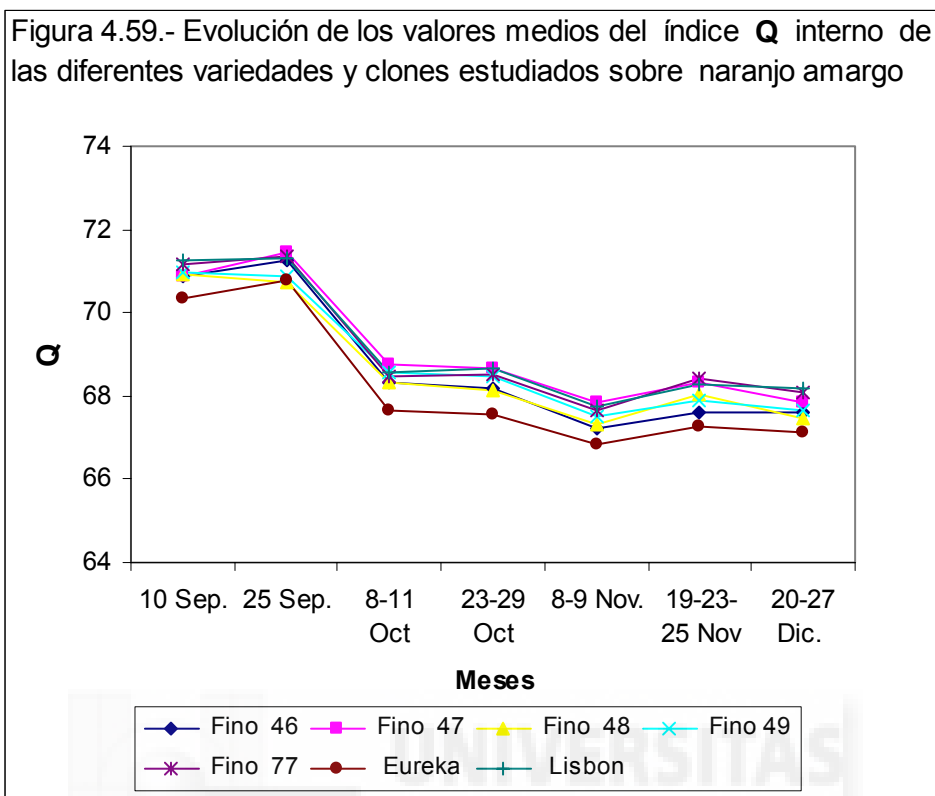
#### 4.4.1.9.- Índice Q

La evolución de la luminosidad **Q** interna puede observarse en la Tabla 4.49 y en la Figura 4.59. En todos los clones y variedades de limonero la evolución de la luminosidad **Q** es decreciente a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo bastante reducido, comprendido entre los valores de la claridad 73 y 67, hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. Cabe destacar a la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos en casi todos los muestreos de los dos años. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, presentando valores similares en todos ellos, aunque sí se aprecian diferencias significativas en casi todos los muestreos.

**Tabla 4.49.:** Evolución del índice **Q** interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.

| <b>Q inter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49    | Fino 77   | Eureka  | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|-----------|
| 11oct 2001      | 67,03 abc | 67,69 c   | 67,42 abc | 67,53 bc   | 66,99 ab  | 66,82 a | 67,53 bc  |
| 29oct2001       | 67,44 bc  | 68,03 cd  | 67,70 c   | 68,36 d    | 67,62 bc  | 67,04 a | 68,02 cd  |
| 9nov2001        | 66,84 ab  | 67,14 bc  | 67,17 bc  | 67,22 bc   | 66,94 abc | 66,43 a | 67,48 c   |
| 23nov2001       | 66,72 abc | 67,32 cd  | 66,68 ab  | 66,99 abcd | 67,20 bcd | 66,31 a | 67,43 d   |
| 20 dic 2001     | 67,66 bc  | 68,17 c   | 67,54 ab  | 67,83 bc   | 67,97 bc  | 67,01 a | 68,19 c   |
| 10sep2002       | 70,87 a   | 70,89 a   | 70,91 a   | 70,98 a    | 71,14 a   | 70,34 a | 71,28 a   |
| 25sep2002       | 71,25 a   | 71,43 a   | 70,72 a   | 70,87 a    | 71,37 a   | 70,78 a | 71,33 a   |
| 08oct2002       | 69,66 b   | 69,80 b   | 69,23 ab  | 69,65 b    | 69,96 b   | 68,52 a | 69,61 b   |
| 23oct2002       | 68,88 ab  | 69,26 b   | 68,58 ab  | 68,58 ab   | 69,42 b   | 68,07 a | 69,30 b   |
| 08nov 2002      | 67,63 ab  | 68,61 c   | 67,47 a   | 67,82 ab   | 68,36 bc  | 67,29 a | 67,99 abc |
| 19nov 2002      | 68,54 abc | 69,06 bc  | 68,79 abc | 68,22 ab   | 69,15 c   | 68,00 a | 68,92 abc |
| 25nov 2002      | 67,54 a   | 68,60 b   | 68,60 b   | 68,44 b    | 68,91 b   | 67,49 a | 68,49 b   |
| 27dic 2002      | 67,58 abc | 67,55 abc | 67,39 ab  | 67,51 abc  | 68,21 c   | 67,28 a | 68,14 bc  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### **4.4.2.- Evolución del color interno de las variedades y clones de limonero sobre patrón *Citrus macrophylla***

Al igual que se ha realizado la evolución del color de la corteza a lo largo de todo el periodo de maduración y del color interno sobre naranjo amargo, en este epígrafe, se realiza la evolución del color interno una vez partido el fruto, pero es este caso con los clones y variedades de limonero injertadas sobre patrón *Citrus macrophylla*

##### **4.4.2.1. Parámetro L**

La evolución del parámetro **L** interno puede observarse en la Tabla 4.50 y también en la Figura 4.60. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **L**, o de la claridad, es decreciente a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo bastante reducido, comprendido entre los valores de la claridad 45 y 41 hasta

estabilizarse a finales de noviembre. Los clones, tienen valores muy semejantes en cada una de las fechas estudiadas, es decir, su claridad es muy parecida en todos ellos, y evolucionan de forma similar en todas los clones a lo largo del tiempo, pero sus valores (entre 40 y 45), son inferiores a los obtenidos en el exterior de la corteza de los limones, que esta entre 46 y 73), lo que nos indica, que su claridad es inferior y su color es más apagado que el de la superficie externa del fruto.

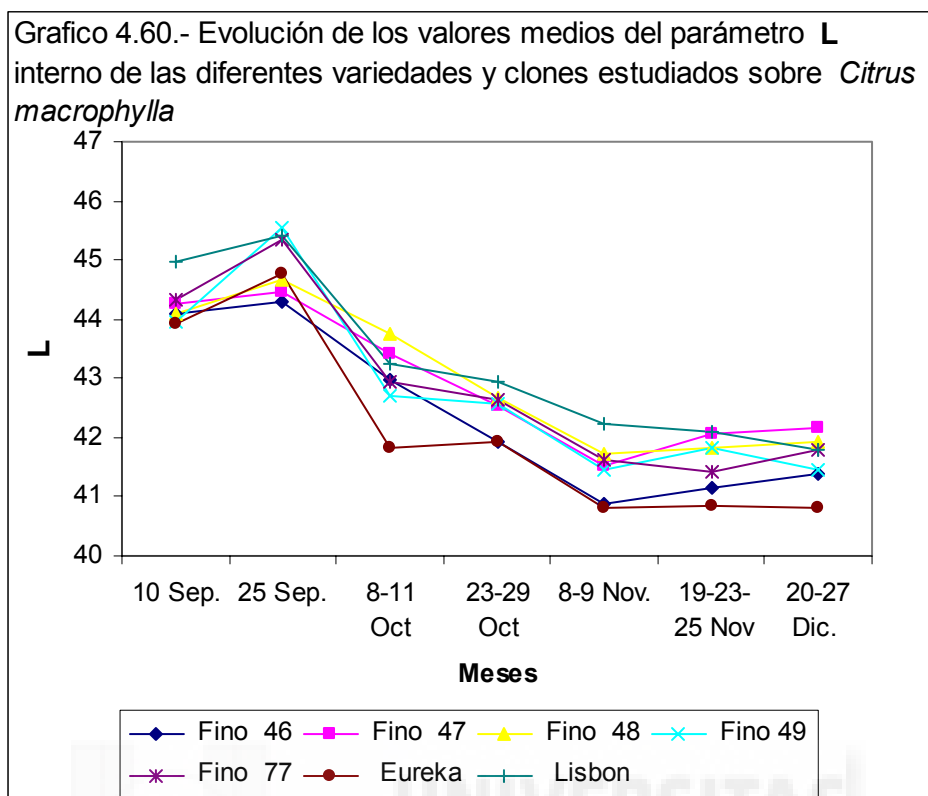
Cabe destacar la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos de claridad en el mayor número de muestreos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, presentando valores similares. Se aprecian diferencias significativas en casi todos los muestreos.

Los valores de **L** son similares a los obtenidos en la Tabla 4.41 para el color interno del fruto injertado sobre naranjo amargo.

**Tabla.-4.50.:** Evolución del parámetro **L** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>L Inter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct2001       | 42,89 ab  | 42,97 ab  | 43,47 b   | 41,41 ab  | 43,15 ab  | 42,07 a   | 43,24 b   |
| 29oct2001       | 41,42 a   | 42,40 ab  | 42,29 ab  | 42,30 ab  | 42,04 ab  | 41,73 ab  | 42,63 b   |
| 9nov2001        | 41,15 ab  | 41,68 ab  | 41,93 ab  | 41,39 ab  | 41,59 ab  | 40,88 a   | 42,17 b   |
| 23nov2001       | 40,35 ab  | 40,62 abc | 41,21 c   | 41,05 bc  | 40,62 abc | 40,10 a   | 41,39 c   |
| 20 dic 2001     | 41,25 a   | 41,94 b   | 41,92 b   | 41,46 ab  | 41,51 ab  | 40,92 a   | 41,94 b   |
| 10sep2002       | 44,09 a   | 44,25 a   | 44,08 a   | 43,97 a   | 44,32 a   | 43,92 a   | 44,97 a   |
| 25sep2002       | 44,30 a   | 44,47 ab  | 44,65 abc | 45,53 c   | 45,34 bc  | 44,76 abc | 45,40 bc  |
| 08oct2002       | 43,04 bc  | 43,83 cd  | 44,03 d   | 43,98 cd  | 42,75 b   | 41,56 a   | 43,28 bcd |
| 23oct2002       | 42,43 a   | 42,68 a   | 43,07 a   | 42,83 a   | 43,22 a   | 42,15 a   | 43,25 a   |
| 08nov 2002      | 40,6 a    | 41,38 abc | 41,53 bcd | 41,54 bcd | 41,68 cd  | 40,76 ab  | 42,27 d   |
| 19nov 2002      | 41,49 a   | 42,73 b   | 42,40 ab  | 42,29 ab  | 42,31 a b | 41,60 a   | 42,44 ab  |
| 25nov 2002      | 41,62 abc | 42,84 c   | 41,92 abc | 42,18 bc  | 41,34 ab  | 40,90 a   | 42,44 bc  |
| 27dic 2002      | 41,55 ab  | 42,43 c   | 41,94 bc  | 41,46 ab  | 42,07 bc  | 40,73 a   | 41,66 bc  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



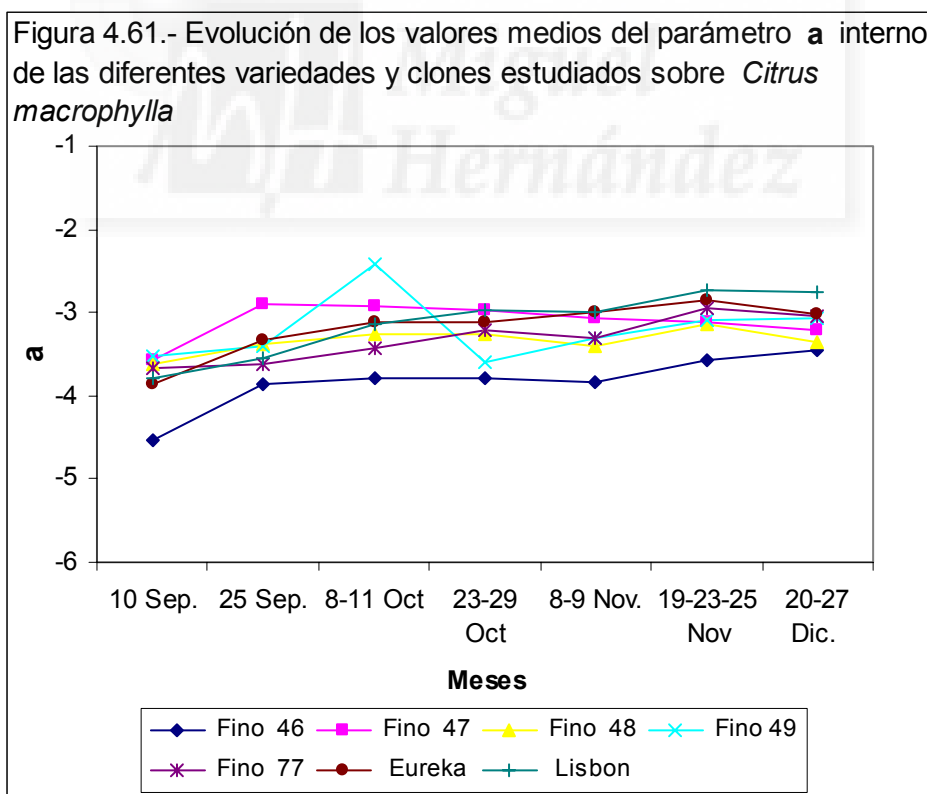
#### 4.4.2.2. Parámetro **a**

La evolución del parámetro **a** interno puede observarse en la Tabla 4.51 y también en la Figura 4.61. Los valores de todos los datos del cuadro son negativos, es decir, tienen todos tonos verdosos, pero al ser sus valores pequeños (entre -4 y -3), su tonalidad es gris verdosa y prácticamente es la misma en todos los clones. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **a** es ligeramente creciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **a** externo), comprendido entre -5 y -2. Cabe destacar que el clon Fino 46 presenta en casi todos los muestreos los valores de **a** interno más bajos; del resto, ningún clon o variedad presenta valores más altos en todos los muestreos, aunque si hay diferencias significativas en todos los muestreos, en los dos años, excepto el del 27 de diciembre de 2002.

**Tabla.-4.51.:** Evolución del parámetro **a** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>a Inter.</b> | Fino 46 | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-----------------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct 2001      | -4,34 a | -3,14 ab  | -3,67 ab  | -1,75 b  | -3,77 ab | -3,30 ab | -3,19 ab |
| 29oct2001       | -4,14 a | -3,25 c   | -3,44 c   | -4,00 ab | -3,51 bc | -3,60 bc | -3,30 c  |
| 9nov2001        | -4,20 a | -3,27 b   | -3,68 ab  | -3,58 ab | -3,44 b  | -3,34 b  | -3,14 b  |
| 23nov2001       | -4,06 a | -3,11 b   | -3,35 b   | -3,40 b  | -3,12 b  | -3,19 b  | -2,89 b  |
| 20 dic 2001     | -4,33 a | -3,83 abc | -4,21 ab  | -3,73 bc | -3,61, c | -3,57 c  | -3,32 c  |
| 10sep2002       | -4,54 a | -3,58 b   | -3,63 b   | -3,52 b  | -3,67 b  | -3,86 ab | -3,80 ab |
| 25sep2002       | -3,85 a | -2,89 c   | -3,39 b   | -3,40 b  | -3,61 ab | -3,32 bc | -3,55 ab |
| 08oct2002       | -3,22 a | -2,71 b   | -2,84 ab  | -3,10 ab | -3,09 ab | -2,95 ab | -3,09 ab |
| 23oct2002       | -3,43 a | -2,69 c   | -3,09 abc | -3,19 ab | -2,89 bc | -2,64 c  | -2,64 c  |
| 08nov 2002      | -3,46 a | -2,86 bcd | -3,12 bc  | -3,05 bc | -3,19 ab | -2,66 d  | -2,85 cd |
| 19nov 2002      | -3,43 a | -3,21 ab  | -3,18 ab  | -2,98 bc | -2,98 bc | -2,70 c  | -2,70 c  |
| 25nov 2002      | -3,22 a | -3,02 ab  | -2,89 ab  | -2,90 ab | -2,72 ab | -2,63 b  | -2,63 b  |
| 27dic 2002      | -2,55 a | -2,58 a   | -2,50 a   | -2,41 a  | -2,47 a  | -2,47 a  | -2,21 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%





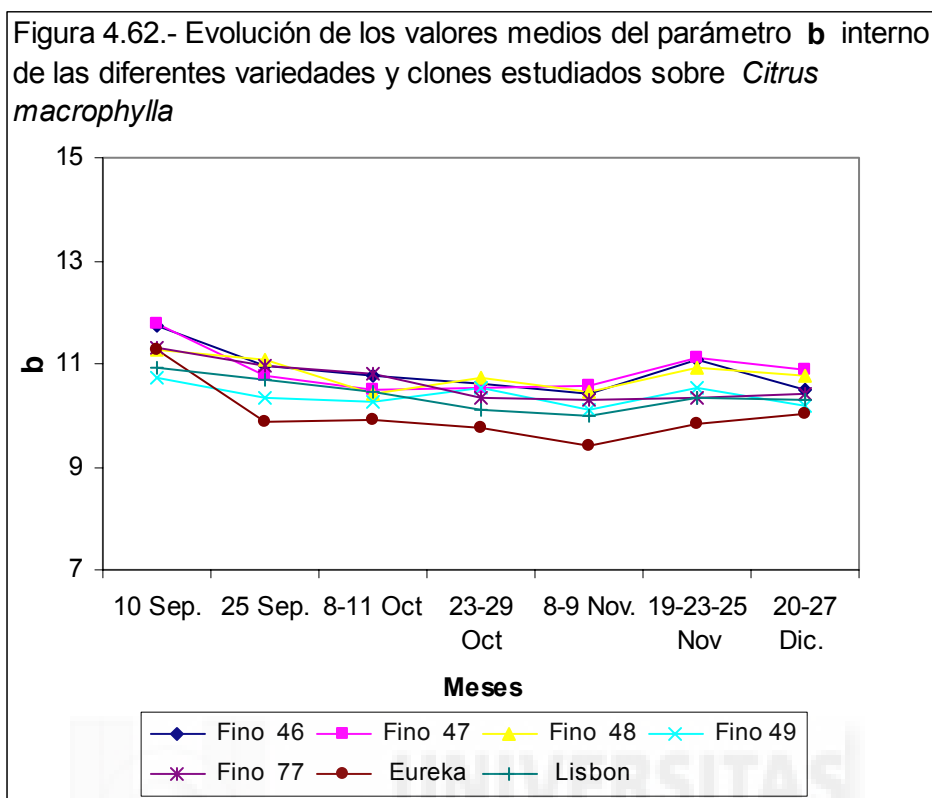
#### 4.4.2 3.- Parámetro b

La evolución del parámetro **b** interno puede observarse en la Tabla 4.52 así como en la Figura 4.62. Los valores de los clones, son muy parecidos, en cada una de las fechas estudiadas. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del parámetro **b** es ligeramente decreciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **b** externo), comprendido entre 12 y 9. Dado que sus valores son del orden de 10 y 11 sus tonos son, gris amarillento, con menos intensidad de amarillo que el que tiene la corteza de los limones. Cabe destacar a la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos en numerosos muestreos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, teniendo casi todos valores similares. Si se aprecian diferencias significativas, entre clones y variedades, en todos los muestreos.

**Tabla.-4.52.:** Evolución del parámetro **b** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>b Inter.</b> | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48   | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|-----------------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| 11oct 2001      | 11,45 b  | 10,58 ab | 10,73 ab  | 10,82 ab | 11,12 b  | 9,91 a   | 10,48 ab |
| 29oct2001       | 11,07 a  | 11,01 a  | 11,00 a   | 10,91 a  | 10,73 a  | 10,48 a  | 10,33 a  |
| 9nov2001        | 10,31 ab | 10,41 b  | 10,39 ab  | 10,01 ab | 10,15 ab | 9,36 a   | 9,86 ab  |
| 23nov2001       | 11,14 b  | 10,57 ab | 11,17 b   | 10,93 ab | 10,52 ab | 10,25 a  | 10,43 ab |
| 20 dic 2001     | 11,84 bc | 11,82 bc | 12,32 c   | 11,30 ab | 11,37 ab | 10,82 a  | 11,16 ab |
| 10sep2002       | 11,75 b  | 11,77 b  | 11,29 ab  | 10,73 a  | 11,33 ab | 11,27 ab | 10,94 a  |
| 25sep2002       | 10,96 bc | 10,77 bc | 11,09 c   | 10,33 ab | 10,96 bc | 9,88 a   | 10,68 bc |
| 08oct2002       | 10,10 ab | 10,41 b  | 10,13 ab  | 9,74 a   | 10,50 b  | 9,93 ab  | 10,44 b  |
| 23oct2002       | 10,13 b  | 10,05 b  | 10,49 b   | 10,13 b  | 9,97 b   | 9,03 a   | 9,87 b   |
| 08nov 2002      | 10,51 bc | 10,73 c  | 10,50 bc  | 10,23 bc | 10,49 bc | 9,45 a   | 10,11 b  |
| 19nov 2002      | 10,95 c  | 11,26 c  | 10,85 bc  | 10,32 b  | 10,32 b  | 9,71 a   | 10,34 b  |
| 25nov 2002      | 11,12 cd | 11,56 d  | 10,81 bcd | 10,41 bc | 10,17 ab | 9,55 a   | 10,24 ab |
| 27dic 2002      | 9,15 a   | 9,95 b   | 9,20 a    | 9,04 a   | 9,48 ab  | 9,26 ab  | 9,44 ab  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.4.2 4.- Índice a/b

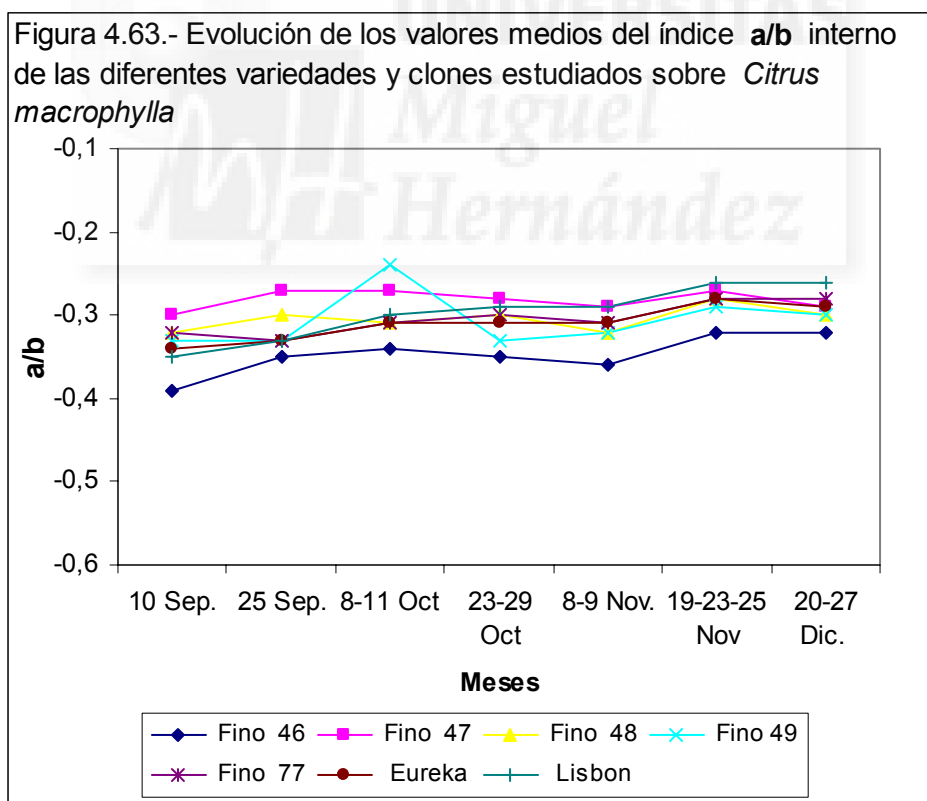
Análogamente, al estudio realizado con la evolución de los parámetros colorimétricos, se procede a hacer el estudio de los índices colorimétricos

La evolución del índice **a/b** interno puede apreciarse en la Tabla 4.53 así como en la Figura 4.63. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del cociente **a/b** es ligeramente creciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **a/b** externo), comprendido entre -0,39 y -0,24, hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. Cabe destacar al clon de Fino 46, que presenta en todos los muestreos los valores de **a/b** interno más bajos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos. En general el resto de clones y variedades muestran valores similares. Se aprecian diferencias significativas en casi todos los muestreos.

**Tabla.-4.53.:** Evolución del índice **a/b** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| a/b Inter.  | Fino 46 | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77  | Eureka    | Lisbon   |
|-------------|---------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 11oct 2001  | -0,37 a | -0,29 a  | -0,34 a  | -0,17 b   | -0,33 a  | -0,33 a   | -0,30 a  |
| 29oct2001   | -0,37 a | -0,29 c  | -0,31 bc | -0,36 a   | -0,32 bc | -0,34 ab  | -0,31 bc |
| 9nov2001    | -0,40 a | -0,31 c  | -0,35 bc | -0,35 bc  | -0,33 bc | -0,35 b   | -0,31 bc |
| 23nov2001   | -0,36 a | -0,29 b  | -0,29 b  | -0,31 b   | -0,29 b  | -0,31 b   | -0,27 b  |
| 20 dic 2001 | -0,36 a | -0,32 bc | -0,34 ab | -0,33 abc | -0,31 bc | -0,32 abc | -0,29 c  |
| 10sep2002   | -0,39 a | -0,30 b  | -0,32 b  | -0,33 b   | -0,32 b  | -0,34 ab  | -0,35 ab |
| 25sep2002   | -0,35 a | -0,27 c  | -0,30 b  | -0,33 ab  | -0,33 ab | -0,33 ab  | -0,33 ab |
| 08oct2002   | -0,32 a | -0,26 c  | -0,28 bc | -0,32 a   | -0,29 ab | -0,30 ab  | -0,30 ab |
| 23oct2002   | -0,34 a | -0,27 c  | -0,29 bc | -0,31 ab  | -0,29 bc | -0,29 bc  | -0,27 c  |
| 08nov 2002  | -0,33 a | -0,27 c  | -0,29 b  | -0,29 b   | -0,30 ab | -0,28 bc  | -0,28 bc |
| 19nov 2002  | -0,31 a | -0,28 bc | -0,29 ab | -0,29 ab  | -0,29 ab | -0,28 bc  | -0,26 c  |
| 25nov 2002  | -0,29 a | -0,26 a  | -0,27 a  | -0,28 a   | -0,27 a  | -0,27 a   | -0,26 a  |
| 27dic 2002  | -0,28 a | -0,26 ab | -0,27 a  | -0,27 a   | -0,26 ab | -0,27 a   | -0,23 b  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



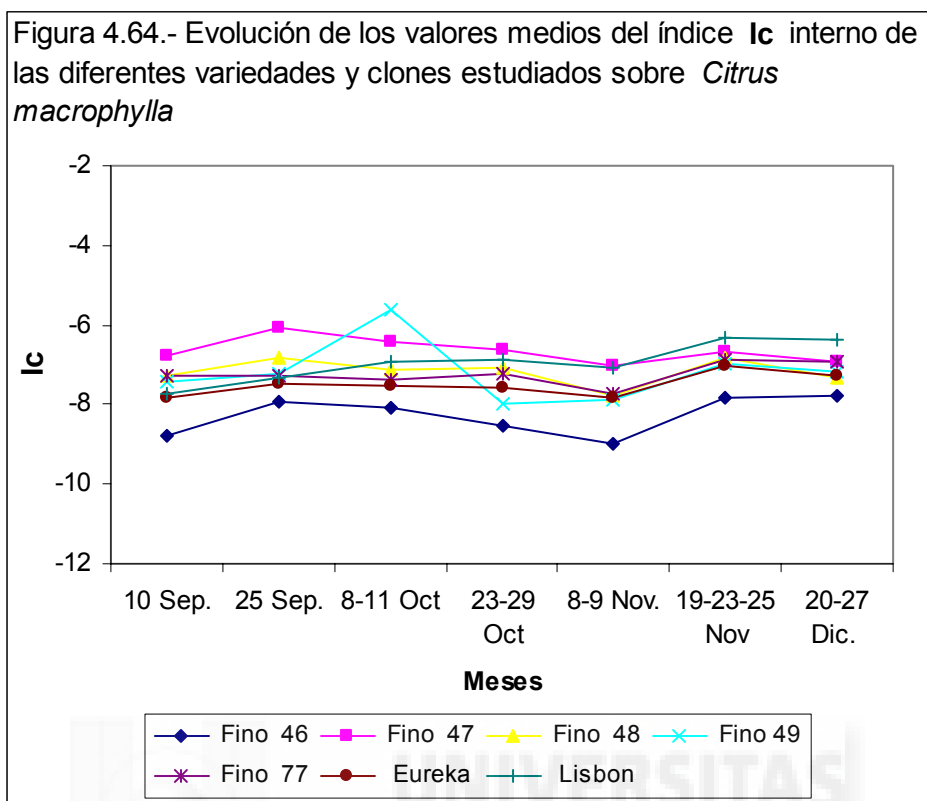
#### 4.4.2 5. Índice **Ic**

La evolución del índice de color **Ic** interno puede apreciarse en la Tabla 4.54, así como en la Figura 4.64. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del índice de color **Ic** es ligeramente creciente o decreciente al igual que **a/b**, dependiendo de los clones o variedades, a lo largo del periodo considerado pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **Ic** externo), comprendido entre -9 y -6, hasta estabilizarse. Cabe destacar al clon de Fino 46, que presenta en todos los muestreos los valores de **Ic** interno más bajos. No destaca ningún clon o variedad que presente los valores más altos, salvo Fino 47 y Lisbon en algunos casos. A diferencia del cociente **a/b** y el **Ic** interno en naranjo amargo, en *C. macrophylla* disminuyen los valores ligeramente. En general el resto de clones y variedades muestran valores similares. Tanto la Figura 4.51 del cociente **a/b** y la Figura 4.52 del índice de color **Ic** son muy similares y se observa que a partir de mediados de noviembre los valores se estabilizan casi totalmente. Se aprecian diferencias significativas, entre clones y variedades en todos los muestreos.

**Tabla.-4.54.:** Evolución del índice **Ic** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>Ic Inter.</b> | Fino 46 | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49   | Fino 77  | Eureka   | Lisbon    |
|------------------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| 11oct 2001       | -8,76 a | -6,92 a  | -7,91 a  | -4,07 b   | -7,86 a  | -7,90 a  | -6,99 a   |
| 29oct2001        | -9,03 a | -6,97 e  | -7,36 de | -8,64 ab  | -7,79 cd | -8,23 bc | -7,50 cde |
| 9nov2001         | -9,90 a | -7,55 c  | -8,41 bc | -8,58 b   | -8,14 bc | -8,73 b  | -7,54 c   |
| 23nov2001        | -9,00 a | -7,26 bc | -7,26 bc | -7,57 bc  | -7,31 bc | -7,73 b  | -6,71 c   |
| 20 dic 2001      | -8,86 a | -7,71 bc | -8,17 ab | -7,95 abc | -7,65 bc | -8,05 ab | -7,08 c   |
| 10sep2002        | -8,76 a | -6,79 b  | -7,26 b  | -7,41 b   | -7,30 b  | -7,81 ab | -7,72 ab  |
| 25sep2002        | -7,94 a | -6,05 c  | -6,84 bc | -7,22 ab  | -7,27 ab | -7,48 ab | -7,34 ab  |
| 08oct2002        | -7,40 a | -5,96 c  | -6,35 bc | -7,22 a   | -6,87 ab | -7,14 a  | -6,84 ab  |
| 23oct2002        | -7,99 a | -6,26 c  | -6,83 bc | -7,36 ab  | -6,70 bc | -6,94 bc | -6,20 c   |
| 08nov 2002       | -8,11 a | -6,45 c  | -7,15 b  | -7,18 b   | -7,29 b  | -6,92 bc | -6,66 bc  |
| 19nov 2002       | -7,50 a | -6,69 bc | -6,89 b  | -6,83 b   | -6,83 b  | -6,68 bc | -6,16 c   |
| 25nov 2002       | -6,95 a | -6,09 b  | -6,38 ab | -6,58 ab  | -6,48 ab | -6,64 ab | -6,04 b   |
| 27dic 2002       | -6,72 a | -6,10 ab | -6,47 a  | -6,43 a   | -6,19 ab | -6,55 a  | -5,63 b   |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



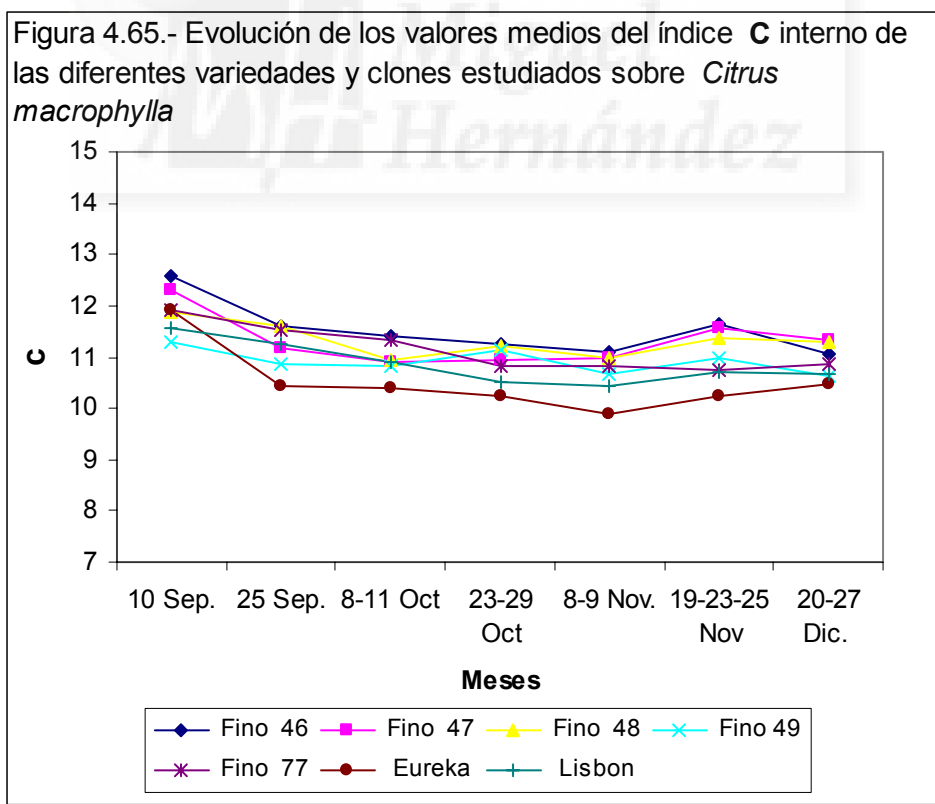
#### 4.4.2 6. Índice C

La evolución del cromatograma **C** interno puede apreciarse en la Tabla 4.55 así como en la Figura 4.65. De ellos, se desprende que, la evolución del cromatograma es, en general, ligeramente decreciente a lo largo del periodo considerado pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de **C** externo), comprendido entre 10 y 13 (en naranja amargo está entre 9 y 13 Tabla 4.46). Cabe distinguir a la variedad Eureka, que presenta los valores más bajos en la mayoría de los de los muestreos, mientras que, no destaca ningún clon o variedad que tenga los valores más altos que los demás en todos los muestreos, presentando todos ellos valores similares. Si se aprecian diferencias significativas entre clones y variedades en todos los muestreos.

**Tabla.-4.55.:** Evolución del índice C interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| C Inter.    | Fino 46  | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon   |
|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 11oct 2001  | 12,25 c  | 11,04 ab  | 11,35 abc | 11,43 abc | 11,74 bc  | 10,45 a   | 10,96 ab |
| 29oct2001   | 11,82 b  | 11,48 bc  | 11,53 ab  | 11,62 ab  | 11,30 ab  | 11,08 ab  | 10,85 a  |
| 9nov2001    | 11,13 b  | 10,91 ab  | 11,02 ab  | 10,64 ab  | 10,72 ab  | 9,94 a    | 10,35 ab |
| 23nov2001   | 11,86 c  | 11,02 abc | 11,67 bc  | 11,45 abc | 10,97 ab  | 10,73 a   | 10,82 ab |
| 20 dic 2001 | 12,61 bc | 12,43 bc  | 13,04 c   | 11,90 ab  | 11,93 ab  | 11,39 a   | 11,65 a  |
| 10sep2002   | 12,60 c  | 12,32 bc  | 11,87 abc | 11,30 a   | 11,90 abc | 11,91 abc | 11,58 ab |
| 25sep2002   | 11,62 c  | 11,16 bc  | 11,60 bc  | 10,88 ab  | 11,54 bc  | 10,42 a   | 11,25 b  |
| 08oct2002   | 10,60 ab | 10,76 ab  | 10,52 ab  | 10,23 a   | 10,94 b   | 10,36 ab  | 10,89 ab |
| 23oct2002   | 10,70 b  | 10,41 b   | 10,94 b   | 10,63 b   | 10,38 b   | 9,41 a    | 10,22 b  |
| 08nov 2002  | 11,07 c  | 11,10 c   | 10,95 bc  | 10,67 bc  | 10,96 bc  | 9,81 a    | 10,50 b  |
| 19nov 2002  | 11,48 c  | 11,71 c   | 11,31 bc  | 10,74 b   | 10,74 b   | 10,08 a   | 10,69 ab |
| 25nov 2002  | 11,58 cd | 11,95 d   | 11,19 bcd | 10,81 bc  | 10,53 ab  | 9,91 a    | 10,57 ab |
| 27dic 2002  | 9,50 a   | 10,28 b   | 9,54 ab   | 9,36 a    | 9,79 ab   | 9,59 ab   | 9,69 ab  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



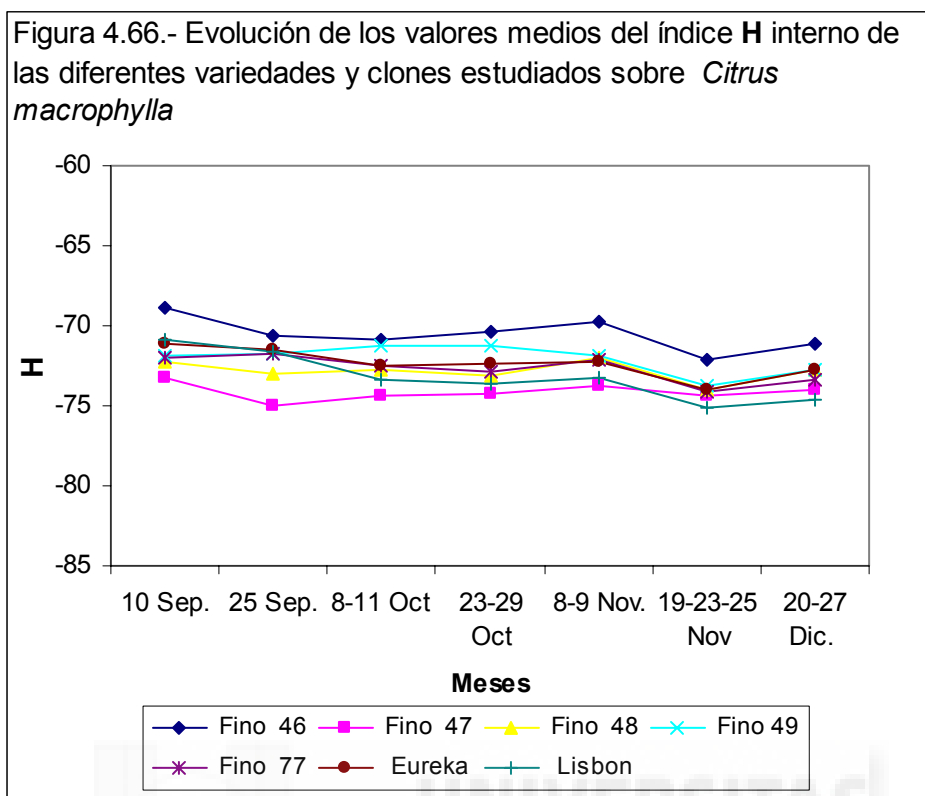
#### 4.4.2 7.- Índice H

La evolución del índice **H** interno puede observarse en la Tabla 4.56, así como en la Figura 4.66. En todos los clones y variedades de limonero la evolución del índice **H** es ligeramente decreciente a lo largo del periodo considerado pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de H externo), comprendido entre -68 y -76, (muy similares a los valores de naranjo amargo, hasta estabilizarse ligeramente a finales de noviembre. Cabe destacar al clon de Fino 47, que presenta en casi todos los muestreos, los valores de **H** interno más bajos. En este índice tampoco destaca ningún clon o variedad que presente los valores más bajos. En general el resto de clones y variedades muestran valores similares. Se aprecian diferencias significativas entre clones y variedades en casi todos los muestreos.

**Tabla.-4.56:** Evolución del índice **H** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>H Inter.</b> | Fino 46  | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001      | -69,37 a | -73,46 a  | -71,04 a  | -35,50 a  | -71,25 a  | -71,61 a  | -73,16 a  |
| 29oct2001       | -69,49 c | -73,53 a  | -72,69 ab | -69,91 c  | -71,86 ab | -71,04 bc | -72,26 ab |
| 9nov2001        | -67,83 c | -72,55 a  | -70,55 ab | -70,44 b  | -71,27 ab | -70,36 b  | -72,35 ab |
| 23nov2001       | -70,04 b | -73,57 a  | -73,34 a  | -72,72 a  | -73,43 a  | -72,76 a  | -74,48 a  |
| 20 dic 2001     | -67,83 c | -72,55 a  | -70,55 ab | -70,44 b  | -71,27 ab | -70,36 b  | -72,35 ab |
| 10sep2002       | -68,87 b | -73,23 a  | -72,27 a  | -71,93 a  | -72,06 a  | -71,08 ab | -70,87 ab |
| 25sep2002       | -70,64 c | -74,95 a  | -73,02 b  | -71,81 bc | -71,75 bc | -71,49 bc | -71,59 bc |
| 08oct2002       | -72,34 c | -75,40 a  | -74,38 ab | -72,37 c  | -73,64 bc | -73,47 bc | -73,50 bc |
| 23oct2002       | -71,27 c | -75,06 a  | -73,59 ab | -72,52 bc | -73,88 ab | -73,69 ab | -74,98 a  |
| 08nov 2002      | -71,77 c | -75,06 a  | -73,45 b  | -73,40 b  | -73,10 bc | -74,26 ab | -74,27 ab |
| 19nov 2002      | -72,62 c | -74,06 ab | -73,70 bc | -73,89 bc | -73,87 bc | -74,46 ab | -75,34 a  |
| 25nov 2002      | -73,84 a | -75,39 a  | -75,02 a  | -74,46 a  | -75,01 a  | -74,79 a  | -75,62 a  |
| 27dic 2002      | -74,40 b | -75,49 ab | -74,83 b  | -75,06 b  | -75,40 ab | -75,06 b  | -76,80 a  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### 4.4.2 8. Índice S

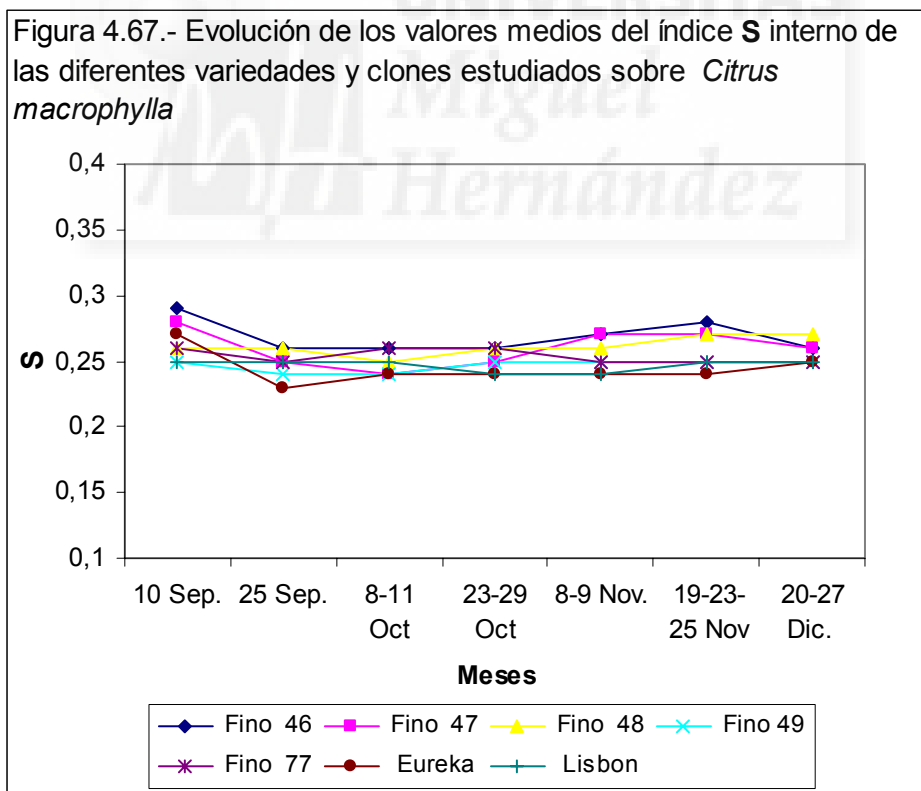
La evolución de la Saturación *S* interna puede apreciarse en la Tabla 4.57 y en la Figura 4.67. En todos los clones y variedades de limonero la evolución de la saturación *S* es decreciente hasta finales de septiembre posteriormente se estabiliza a lo largo del periodo considerado, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido (en comparación con los valores de *S* externo), comprendido entre 0,29 y 0,23 (al igual que en naranjo amargo, Tabla 4.48). En general, los clones y variedades estudiados muestran valores similares, dentro del intervalo considerado aunque Fino 46 tiene una tendencia a ser el que los tiene más elevados y Eureka los más bajos. Se aprecian diferencias significativas entre clones y variedades en todos los muestreos.



**Tabla.-4.57.:** Evolución del índice **S** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>S Inter.</b> | Fino 46 | Fino 47  | Fino 48 | Fino 49  | Fino 77 | Eureka  | Lisbon  |
|-----------------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| 11oct 2001      | 0,28 c  | 0,25 ab  | 0,26 ab | 0,26 abc | 0,27 bc | 0,24 a  | 0,25 ab |
| 29oct2001       | 0,28 c  | 0,27 abc | 0,27 bc | 0,27 bc  | 0,26 ab | 0,26 ab | 0,25 a  |
| 9nov2001        | 0,27 b  | 0,26 ab  | 0,26 ab | 0,25 ab  | 0,25 ab | 0,24 a  | 0,24 a  |
| 23nov2001       | 0,29 c  | 0,27 ab  | 0,28 bc | 0,27 abc | 0,27 ab | 0,26 ab | 0,26 a  |
| 20 dic 2001     | 0,30 c  | 0,29 bc  | 0,31 c  | 0,28 ab  | 0,28 ab | 0,27 a  | 0,27 a  |
| 10sep2002       | 0,29 c  | 0,28 bc  | 0,26 ab | 0,25 a   | 0,26 ab | 0,27 b  | 0,25 a  |
| 25sep2002       | 0,26 c  | 0,25 bc  | 0,26 c  | 0,24 ab  | 0,25 bc | 0,23 a  | 0,25 bc |
| 08oct2002       | 0,24 ab | 0,24 ab  | 0,24 ab | 0,23 a   | 0,25 c  | 0,25 c  | 0,25 c  |
| 23oct2002       | 0,25 c  | 0,24 bc  | 0,25 c  | 0,24 bc  | 0,24 bc | 0,22 a  | 0,23 ab |
| 08nov 2002      | 0,27 c  | 0,27 c   | 0,26 bc | 0,25 ab  | 0,26 bc | 0,24 a  | 0,25 ab |
| 19nov 2002      | 0,27 b  | 0,27 b   | 0,27 b  | 0,25 a   | 0,25 a  | 0,24 a  | 0,25 a  |
| 25nov 2002      | 0,28 c  | 0,28 c   | 0,27 bc | 0,25 ab  | 0,25 ab | 0,24 a  | 0,24 a  |
| 27dic 2002      | 0,23 ab | 0,24 b   | 0,23 ab | 0,22 a   | 0,23 ab | 0,23 ab | 0,23 ab |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



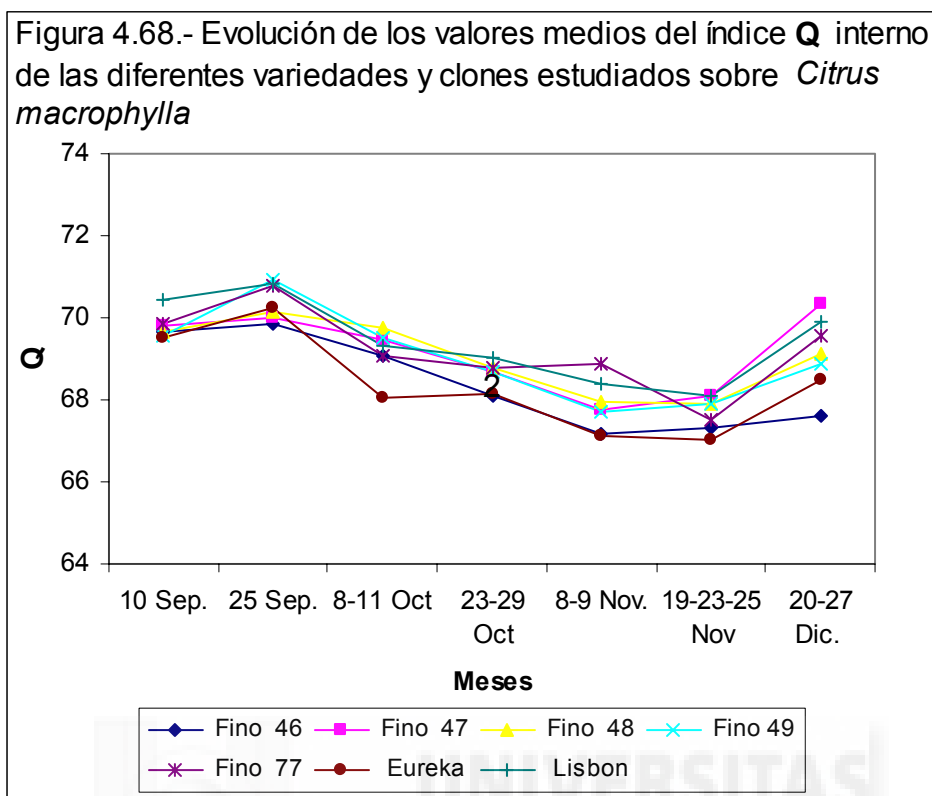
#### 4.4.2 9. Índice Q

La evolución de la luminosidad **Q** interna puede observarse en la Tabla 4.58, y también en la Figura 4.68. En todos los clones y variedades de limonero la evolución de la luminosidad es decreciente a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo bastante reducido, comprendido entre los valores de la claridad 70 y 68, hasta 19/25 de noviembre para posteriormente aumentar hasta finales de diciembre. Cabe destacar que la variedad Eureka, es la que presenta los valores más bajos en el mayor número de muestreos. No destaca ningún clon o variedad que tenga los valores más altos, teniendo todos ellos valores similares. Se aprecian diferencias significativas en casi todos los muestreos.

**Tabla.-4.58.:** Evolución del índice **Q** interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre *Citrus macrophylla*.

| <b>Q Inter.</b> | Fino 46   | Fino 47   | Fino 48   | Fino 49   | Fino 77   | Eureka    | Lisbon    |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11oct 2001      | 69,43 ab  | 69,50 ab  | 69,96 b   | 69,44 ab  | 69,66 ab  | 68,68 a   | 69,75 b   |
| 29oct2001       | 68,08 a   | 68,97 ab  | 68,87 ab  | 68,89 ab  | 68,65 ab  | 68,37 ab  | 69,19 ab  |
| 9nov2001        | 67,83 ab  | 68,32 ab  | 68,54 ab  | 68,05 ab  | 68,24 ab  | 67,58 a   | 68,77 b   |
| 23nov2001       | 67,10 ab  | 67,34 abc | 67,88 c   | 67,74 bc  | 67,35 abc | 66,87 a   | 68,,05 c  |
| 20 dic 2001     | 67,83 c   | 72,55 a   | 70,55 ab  | 70,44 b   | 71,27 ab  | 70,36 b   | 72,35 ab  |
| 10sep2002       | 69,65 a   | 69,79 a   | 69,64 a   | 69,54 a   | 69,86 a   | 69,49 a   | 70,44 a   |
| 25sep2002       | 69,83 a   | 69,99 ab  | 70,15 abc | 70,93 c   | 70,77 bc  | 70,24 abc | 70,82 bc  |
| 08oct2002       | 68,70 bc  | 69,41 cd  | 69,59 d   | 69,55 cd  | 68,44 b   | 67,38 a   | 68,92 bcd |
| 23oct2002       | 68,15 a   | 68,38 a   | 68,74 a   | 68,52 a   | 68,87 a   | 67,90 a   | 68,89 a   |
| 08nov 2002      | 66,51 a   | 67,22 abc | 67,35 bcd | 67,36 bcd | 67,49 cd  | 66,66 ab  | 68,01 d   |
| 19nov 2002      | 67,49 a   | 68,43 b   | 68,13 ab  | 68,03 ab  | 68,05 ab  | 67,41 a   | 68,16 ab  |
| 25nov 2002      | 67,44 abc | 68,52 c   | 67,70 abc | 67,93 bc  | 67,18 ab  | 66,79 a   | 68,17 bc  |
| 27dic 2002      | 67,36 ab  | 68,15 c   | 67,72 bc  | 67,29 ab  | 67,83 bc  | 66,63 a   | 67,47 bc  |

Test múltiple de Duncan por filas; Nivel de significación del 95%



#### **4.5.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS PARÁMETROS E ÍNDICES DE COLOR EXTERNO E INTERNO EN DIFERENTES VARIEDADES DE POMELO**

Para estudiar la posible influencia de la temperatura respecto de la coloración de esta especie, se tomaran los valores de las temperaturas medias a partir de los días que tienen valores superiores a 12,8° C. También se toman las temperaturas máximas y mínimas de esos mismos días.

Como se ha indicado en Materiales y Métodos, se calcula la integral térmica absoluta (IT) para cada año y parciales (Conesa, 1999), para cada intervalo de tiempo considerado (IT1: del 15 de octubre, al 15 de noviembre e IT2: julio a noviembre), mediante la siguiente fórmula:

$$IT = \Sigma(T_m - 12,8) \times n^\circ \text{ de días mes.}$$

$T_m$  es la temperatura media mensual, siendo 12,8° C el cero vital de los agrios (Gonzalez-Sicilia 1960).

También se calcula el salto térmico medio diario (temperatura máxima, menos, temperatura mínima) de esos mismos periodos. Todos los datos recopilados se muestran en la Tabla 4.65.

Como el envero del pomelo tal como se ha mencionado en Material y Métodos, se produce durante los meses de octubre-noviembre, se comparan los parámetros **L**, **a**, **b** y el **Ic** exterior e interior, de noviembre, con las integrales y saltos térmicos mencionados para estudiar la influencia de la temperatura en la evolución del color en el pomelo durante su maduración.

Dado que del estudio de las Matrices de Pearson (Anejo N° 1), realizados con los parámetros **L**, **a**, **b** y las integrales y saltos térmicos en pomelos no tienen diferencias significativas, se han estudiado las correlaciones polinomiales con los mismos.

#### **4.5.1.- Parámetros externos**

##### **4.5.1.1- Parámetro L externo**

La evolución del parámetro externo **L** como puede observarse en la Figura 4.69 alcanza valores máximos para la variedad Marsh, cuando las cifras del IT es del orden de 2180, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores de la integral térmica, los valores del parámetro **L** disminuyen. Análogamente sucede con Redblush y Shambar. En las variedades rojizas el comportamiento es semejante, excepto en Star Ruby que disminuye cuando aumenta la integral térmica. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos con la IT son altos en las variedades estudiadas excepto en Río Red y Henderson que son más bajas (Tabla 4.59).

El parámetro **L** exterior con IT1 tiene unos coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos mayores del 0.95 en todas las variedades excepto en Río Red que es 0,2771 (Tabla 4.59). En todos ellos presenta, los valores más bajos con cifras de IT1 en la banda de 120 a partir de esos valores, ya sean menores o mayores la claridad aumenta. (Figura 4.70).

La evolución del parámetro **L** con el IT2 se observa en la Tabla 4.59 que tiene en general correlaciones bastante bajas en todas las variedades excepto Río Red que es alta.

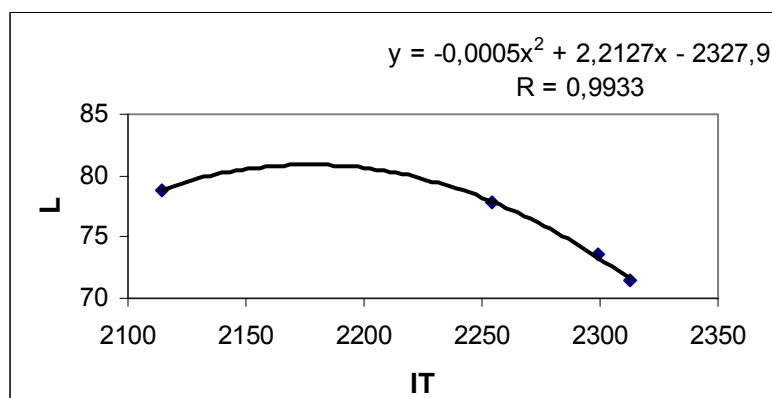
La evolución de **L** exterior con el ST1 se puede observar en la Figura 4.71 con la variedad Marsh, donde este parámetro alcanza valores máximos cuando las cifras del ST1 son del orden de 390, con valores mayores o menores de ST1, desciende la claridad. El comportamiento es el mismo en el resto de variedades. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos son también altos, mayores de 0,89 en las variedades estudiadas, excepto Río Red, que como en los casos anteriores es bajo (Tabla 4.59).

El parámetro de la claridad **L**, tal como se observa en las Figuras 4.72. y 4.73 alcanza valores mínimos cuando el ST2 tiene valores del orden de 1850, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores, la claridad aumenta. El comportamiento es semejante en el resto de las variedades. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos son en general altos, excepto la variedad Río Red (Tabla 4.59).

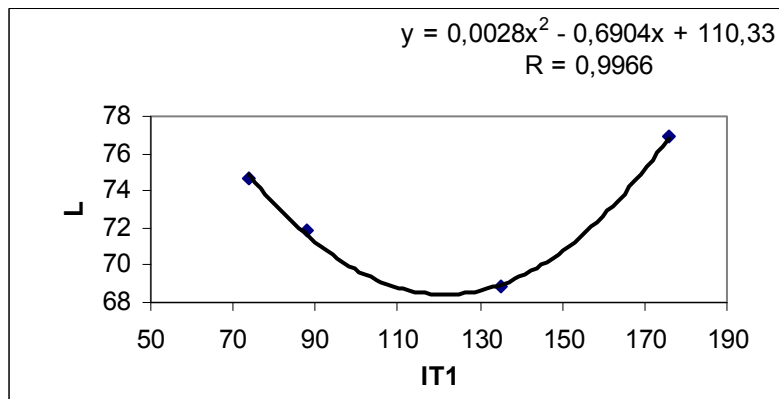
**Tabla 4.59.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **L** de color externo.

| Correlaciones. polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|----------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/L                       | 0,9933 | 0,8783   | 0,9838  | 0,9959    | 0,1118  | 0,9530   | 0,8217    | 0,8196 |
| IT1/L                      | 0,9936 | 0,9466   | 0,9966  | 0,9905    | 0,2771  | 0,9895   | 0,9503    | 0,8777 |
| IT2/L                      | 0,3306 | 0,1824   | 0,2783  | 0,7010    | 0,9632  | 0,1555   | 0,3538    | 0,3763 |
| ST1/L                      | 0,8967 | 0,9994   | 0,9557  | 0,9975    | 0,5482  | 0,9785   | 0,9983    | 0,9106 |
| ST2/L                      | 0,9767 | 0,8137   | 0,9531  | 0,9990    | 0,4414  | 0,9016   | 0,6409    | 0,8180 |

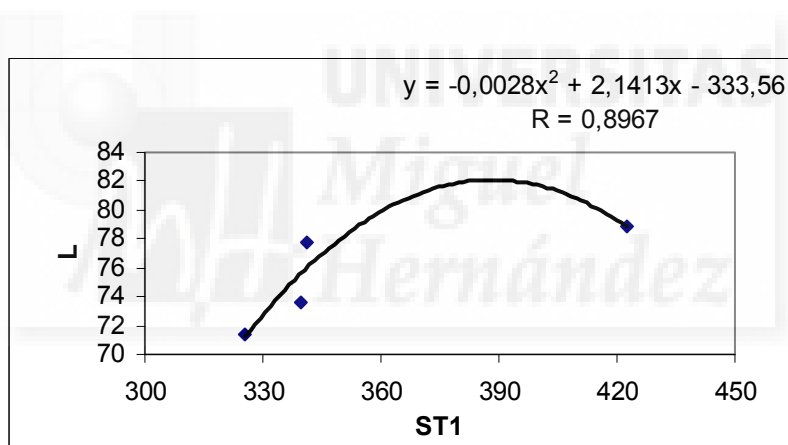
**Figura 4.69.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **L** exterior de la variedad Marsh.



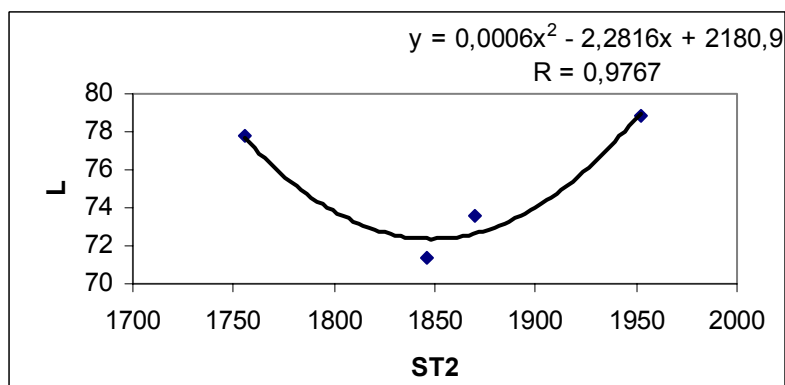
**Figura 4.70.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **L** exterior de la variedad Shambar.



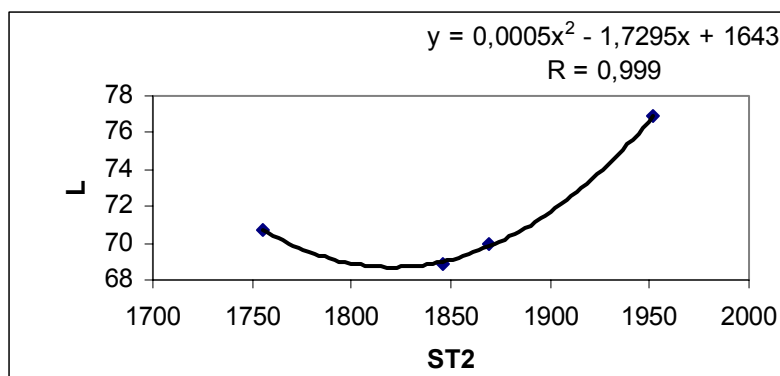
**Figura 4.71.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **L** exterior de la variedad Marsh.



**Figura 4.72.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **L** exterior de la variedad Marsh.



**Figura 4.73.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **L** exterior de la variedad Star Ruby.



#### 4.5.1.2.- Parámetro a externo

Los valores menos negativos, menos verdes, para las variedades más blancas, Marsh, Shambar, o más positivos, más rojizos, para las variedades rojas, Ray Ruby, Río Red (Figura 4.74 y 75), que presenta el parámetro **a** externo, los tienen estas variedades de pomelos cuando IT tiene cifras en la banda de 2200, a partir de aquí, ya sean menores o mayores la evolución de este parámetro **a** se hace más negativo, más verde, (Figura 4.74), en las variedades más blancas, por ello la curva tiene un punto máximo, que es el valor menos negativo (menos verde) y luego desciende, aumenta los valores negativos, se hace más verde. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos son mayores en general, del 0.97 en las variedades blancas e inferior de 0.92 en las más rojizas como Star Ruby y Río Red (Tabla 4.60).

El parámetro **a**, en las variedades estudiadas, alcanza valores mínimos con IT1, (Figura 4.76) en el caso de Shambar, cuando tiene valores del orden de 120, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su valor haciéndose menos verde en los variedades blancas y más rojo (valores positivos) en las variedades rojizas, como Star Ruby y Río Red. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son mayores en las variedades blancas, superiores al 0,95, que en las variedades rojizas, que son inferiores al 0,95 (Tabla 4.60).

La evolución del parámetro **a** con el IT2 se observa en la Tabla 4.60 que tiene en general correlaciones bastante bajas en todas las variedades.

La evolución del parámetro **a** con el ST1 se observa, como ejemplo para Shambar, en la Figura 4.77 donde los valores menos negativos, menos verdes, para las variedades más blancas, Marsh, Shambar, o más rojizas para las variedades rojas Ray Ruby, Río Red que presenta **a** los tienen estas variedades de pomelos cuando ST1 tiene cifras en la banda de 380, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores del parámetro **a** se hace más negativo, más verde, menos rojo, en todas las variedades. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son diferentes de unas variedades a otras, siendo en general mayor de 0,82 excepto en la variedad Star Ruby con 0,7733 y Ray Ruby con 0,5383

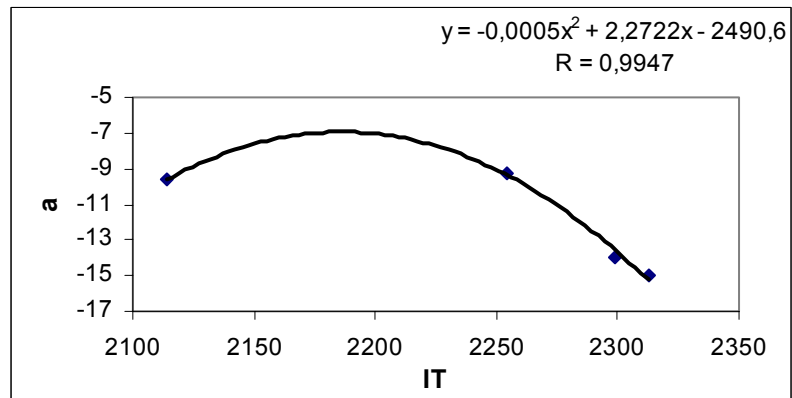
El parámetro **a** en todas las variedades, alcanza valores mínimos cuando el ST2 tiene valores del orden de 1850, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su valor haciéndose menos verde en los variedades blancas y rojo (valores positivos) en las variedades rojizas, como Star Ruby (Figura 4.78) y Río Red. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son en general superiores al 0,94 en todas las variedades excepto en la variedad Río Red con 0,78 y Henderson con 0,4842.

**Tabla 4.60.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de : IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **a** de color externo.

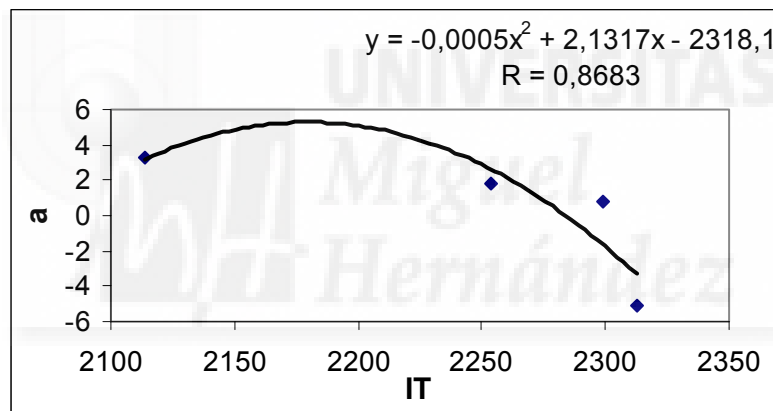
| Correlaciones polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|---------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/a                      | 0,9947 | 0,9289   | 0,9999  | 0,9073    | 0,8683  | 0,9286   | 0,7625    | 0,9128 |
| IT1/a                     | 0,9525 | 0,9718   | 0,9742  | 0,8914    | 0,9500  | 0,8064   | 0,9371    | 0,9262 |
| IT2/a                     | 0,4685 | 0,2027   | 0,3897  | 0,7855    | 0,1438  | 0,7224   | 0,6846    | 0,4853 |
| ST1/a                     | 0,7853 | 0,9940   | 0,8277  | 0,7733    | 0,9986  | 0,5383   | 0,9999    | 0,8453 |
| ST2/a                     | 0,9918 | 0,8815   | 0,9718  | 0,9446    | 0,7800  | 0,9960   | 0,4842    | 0,8642 |



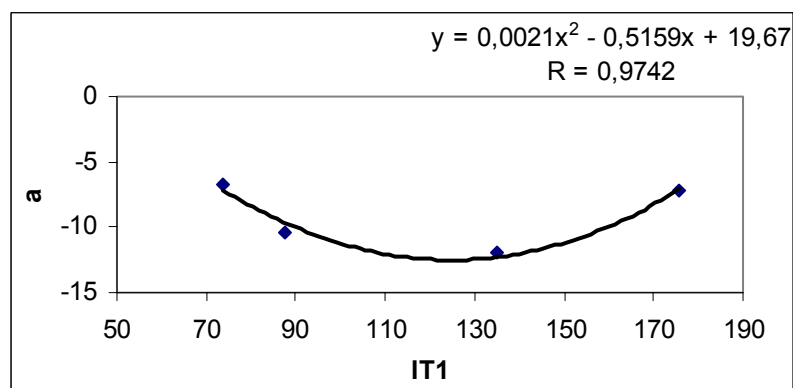
**Figura 4.74.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro  $a$  exterior de la variedad Marsh.



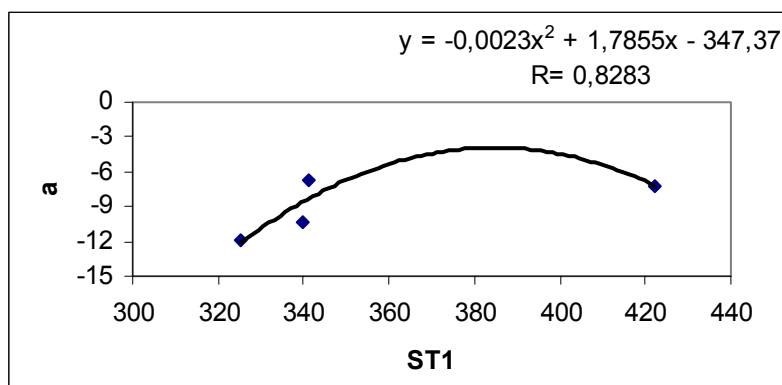
**Figura 4.75.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro  $a$  exterior de la variedad Río Red.



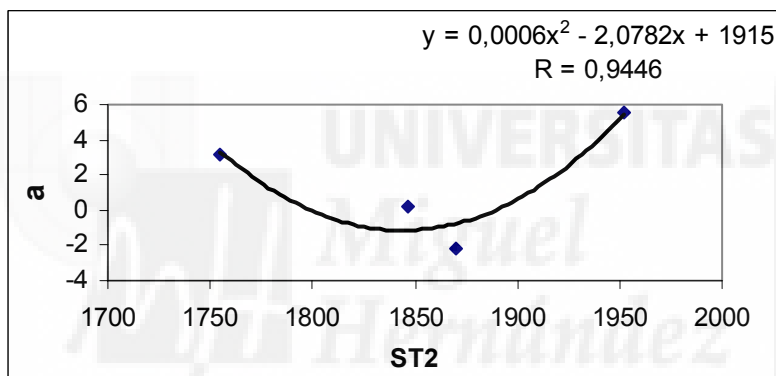
**Figura 4.76.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro  $a$  exterior de la variedad Shambar.



**Figura 4.77.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **a** exterior de la variedad Shambar.



**Figura 4.78.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **a** exterior de la variedad Star Ruby.



#### 4.5.1.3.- Parámetro b externo

El parámetro **b** es más elevado, más amarillo con valores de IT del orden de 2200 en las variedades más blancas, como Shambar (Figura 4.79), Marsh, Redblush, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores de IT el parámetro **b** disminuye de valor haciéndose menos amarillo. En las variedades rojizas (Figura 4.80), como Río Red, con integrales térmicas de 2200 se alcanzan los valores más bajos y a partir de esos valores varían poco de valor aumentando ligeramente cuando sus valores cambian. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen valores altos las variedades Marsh, Shambar y Ray Ruby y bajas el resto de las variedades siendo la media de 0,7041 (Tabla 4.61).

El parámetro **b** alcanza valores mínimos cuando la IT1 (Figura 4.81), tiene valores del orden de 120, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su

valor haciéndose más amarilla en las variedades más blancas y en las variedades rojizas desciende ligeramente. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen valores bajos las variedades Star Ruby, Río Red y Henderson el resto son más altas superiores a 0,87 (Tabla 4.61).

La evolución del parámetro **b** con el IT2 se observa en la Tabla 4.61 que tiene en general correlaciones bastante bajas en todas las variedades excepto Star Ruby y Río Red con valores superiores al 0,98 (Tabla 4.61).

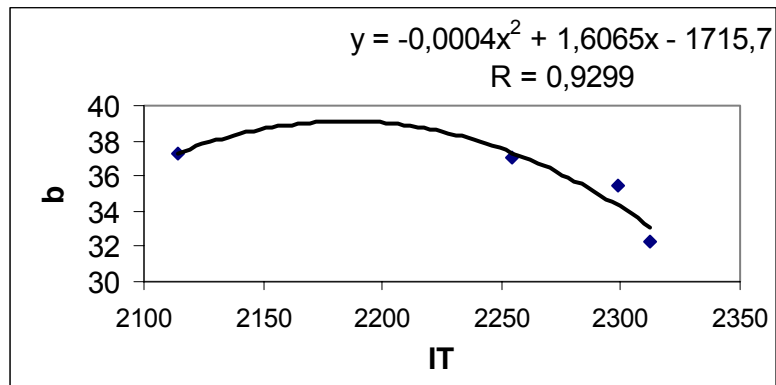
El parámetro **b** como se observa en la Figura 4.82, su valor es más elevado, más amarillo cuando los valores de ST1 son del orden de 380 en todas las variedades, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores de ST1 los valores del parámetro **b** disminuyen, haciéndose menos amarillo, en todas las variedades. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen en general valores inferiores a 0,95 en las variedades más claras, mientras que en las variedades rojizas las correlaciones son bajas, inferior a 0,50.

El parámetro **b** alcanza valores mínimos en las variedades más blancas Marsh, Shambar, (Figura 4.83) cuando el ST2 tiene valores del orden de 1850, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su valor haciéndose más amarilla en estas variedades. En las variedades rojizas el comportamiento es al revés (Figura 4.84) alcanzando con un rango de valores alrededor de 1850 de ST2 los valores más altos de **b**, disminuyendo cuando los valores de ST2 son mayores o menores a esa cifra mencionada. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen en general valores inferiores a 0,88 en las variedades más claras, mientras que en las variedades rojizas las correlaciones son bajas, inferior a 0,83 (Tabla 4.61).

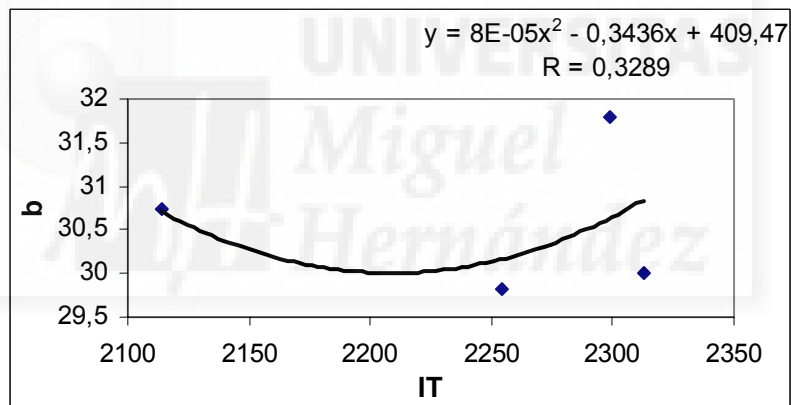
**Tabla 4.61.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **b** de color externo.

| Correlaciones polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|---------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/ <b>b</b>              | 0,9314 | 0,7884   | 0,9299  | 0,3839    | 0,3289  | 0,9039   | 0,6624    | 0,7041 |
| IT1/ <b>b</b>             | 0,9732 | 0,8706   | 0,9874  | 0,4332    | 0,0331  | 0,9672   | 0,7670    | 0,5777 |
| IT2/ <b>b</b>             | 0,2133 | 0,3555   | 0,0346  | 0,9999    | 0,9868  | 0,1053   | 0,5044    | 0,4571 |
| ST1/ <b>b</b>             | 0,9935 | 0,9877   | 0,9775  | 0,5079    | 0,3651  | 0,9943   | 0,9450    | 0,6847 |
| ST2/ <b>b</b>             | 0,8879 | 0,7526   | 0,8404  | 0,5666    | 0,6469  | 0,8310   | 0,6436    | 0,7384 |

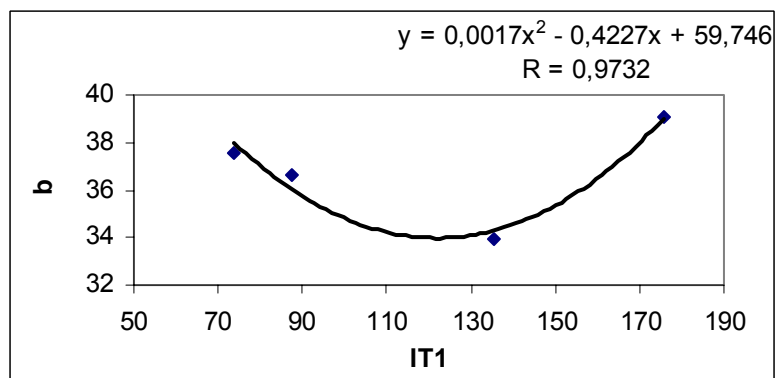
**Figura 4.79.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **b** exterior de la variedad Shambar.



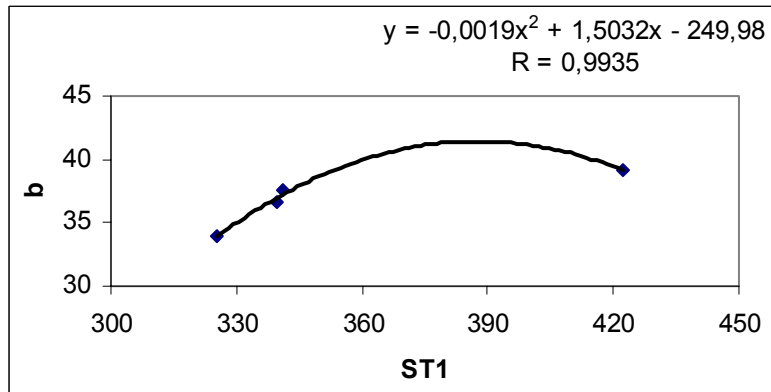
**Figura 4.80.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **b** exterior de la variedad Río Red



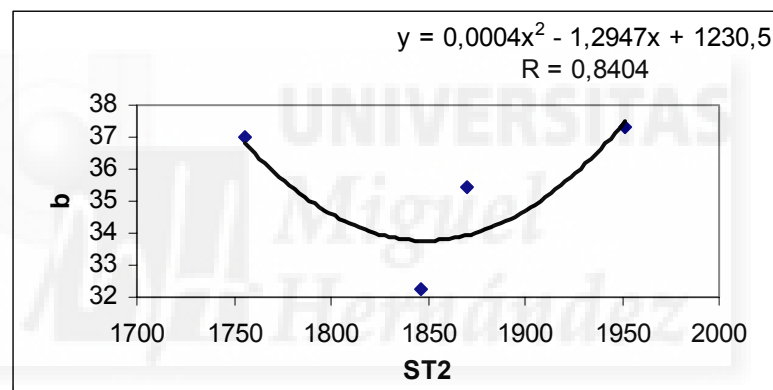
**Figura 4.81.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **b** exterior de la variedad Marsh



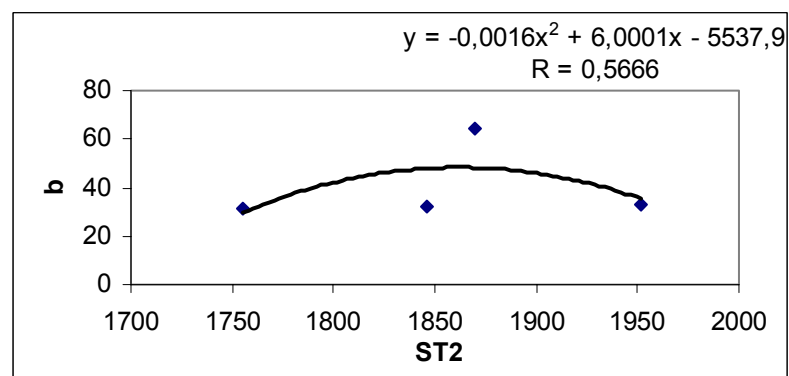
**Figura 4.82.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **b** exterior de la variedad Marsh



**Figura 4.83.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **b** exterior de la variedad Shambar.



**Figura 4.84.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **b** exterior de la variedad Star Ruby.



#### 4.5.2.- Parámetros internos

##### 4.5.2.1.- Parámetro L interno

La evolución del parámetro externo **L** interno con IT, en todas las variedades, es semejante al **L** externo pero en este caso el valor máximo de este parámetro se alcanza con valores de la IT en torno a 2200 y no en torno a 2180 (Figura 4.85). Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos con la IT son inferiores a los de este parámetro en el exterior, en todas las variedades, estando entre valores de 0,69 a 0,92.

El comportamiento de este parámetro **L** interior con la IT1, es semejante en todas las variedades a **L** exterior variando también en el entorno de 130 en la IT1 (Figura 4.86) siendo los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos con la IT1 en general un poco inferiores a los exteriores pero superiores a 0,89 excepto Río Red con 0,54 (Tabla 4.62).

La evolución del parámetro **L** con el IT2 se observa en la Tabla 4.62 que tiene en general correlaciones bastante bajas en todas las variedades excepto Marsh que es alta.

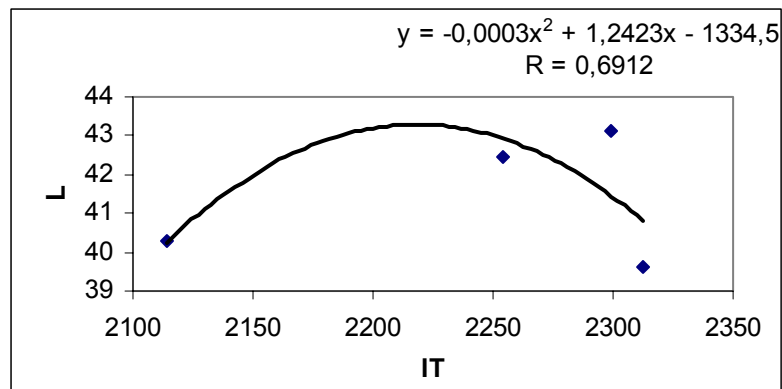
La evolución de este parámetro con el ST1 es semejante en todas las variedades a **L** exterior, oscilando igualmente en el entorno de 380 de la ST1 (Figura 4.87). Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos con la ST1 son semejantes a los exteriores y superiores también a 0,95.

El comportamiento del parámetro **L** interno con la ST2, en todas las variedades estudiadas, es semejante a **L** exterior, variando también en el entorno de 1850 en la ST2. (Figura 4.88). Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos con la ST2 son inferiores a los exteriores variando entre 0,41 y 0,99.

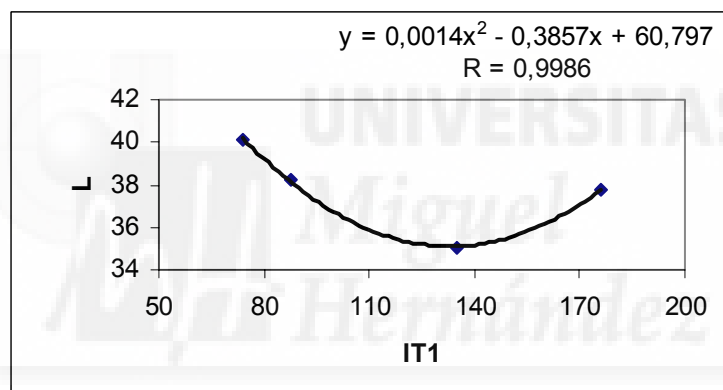
**Tabla 4.62.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **L** de color interno.

| Correlaciones. polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|----------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/L                       | 0,6912 | 0,8848   | 0,9266  | 0,8781    | 0,8530  | 0,9999   | 0,9010    | 0,8763 |
| IT1/L                      | 0,8911 | 0,9909   | 0,9986  | 0,9717    | 0,5482  | 0,9970   | 0,9923    | 0,9128 |
| IT2/L                      | 0,9029 | 0,7210   | 0,5605  | 0,2085    | 0,6208  | 0,6726   | 0,4998    | 0,5980 |
| ST1/L                      | 0,9729 | 0,9845   | 0,9562  | 0,9905    | 0,9916  | 0,9915   | 0,9727    | 0,9799 |
| ST2/L                      | 0,4173 | 0,6584   | 0,7449  | 0,7410    | 0,6188  | 0,9916   | 0,7107    | 0,6975 |

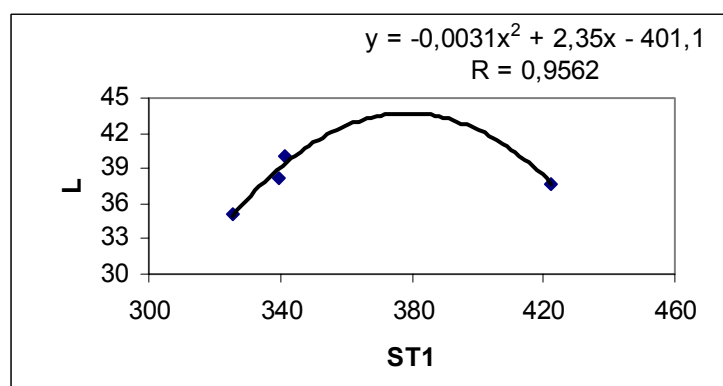
**Figura 4.85.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **L** interior de la variedad Marsh.



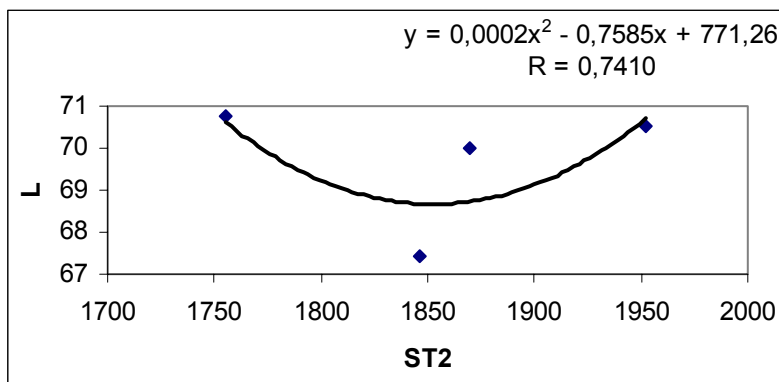
**Figura 4.86.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **L** interior de la variedad Shambar.



**Figura 4.87.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **L** interior de la variedad Shambar.



**Figura 4.88.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **L** interior de la variedad Star Ruby.



#### 4.5.2.2.- Parámetro **a** interno

El comportamiento de este parámetro **a** interior con la IT en todas las variedades, como Star Ruby (Figura 4.89), es al contrario que el exterior. En este caso alcanza los máximos negativos (los tonos más verdes) con cifras de 2200 en la IT y los tonos menos rojos en las variedades rojizas como Star Ruby, al contrario que este parámetro en el exterior que con este valor de IT alcanza los valores mínimos negativos (menos verdes), más cercanos al cero en las variedades más blancas y más rojizas en las variedades más rojas (Figura 4.75). El **a** interior a partir de este valor de 2200, ya sean menores o mayores los valores de IT, el parámetro **a** se hace menos negativo, menos verde, en las variedades blancas como Marsh y en las variedades rojizas como Star Ruby, aumentan sus valores, haciéndose más rojizas. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos son menores que los de el exterior, siendo superiores al 0,85 en todas las variedades (Tabla 4.63).

La evolución del parámetro **a** interior con la IT1 es en general, (Figura 4.90) al contrario que en el exterior (Figura 4.76) alcanza valores máximos con IT1, cuando tiene valores del orden de 120 y luego disminuyen si varían a más o a menos. Los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos son menores que los de el exterior, siendo inferiores al 0,88 en todas las variedades excepto Marsh, que es de 0,99.



La evolución del parámetro **a** con el IT2 se observa en la Tabla 4.63 que tiene en general correlaciones bajas con valores inferiores a 0.88 en todas las variedades excepto Marsh con 0,99.

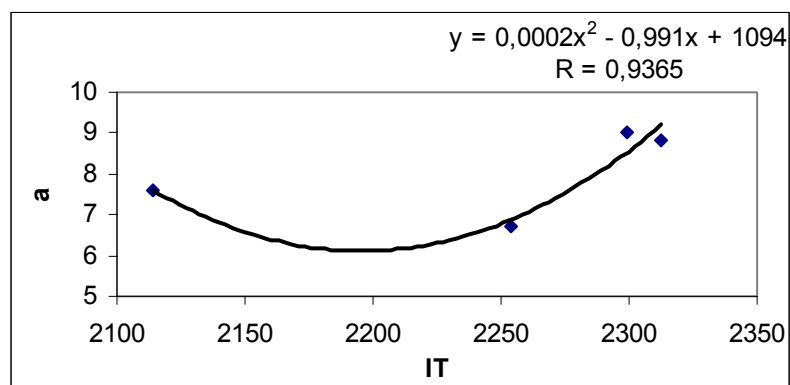
La evolución del parámetro **a** interior con el ST1 (Figura 4.91) es, al contrario que el exterior (Figura 4.77) alcanza valores más pequeños con valores alrededor de 390 de ST1, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores del parámetro **a** se hace menos negativo, menos verde en variedades blancas, menos rojo en variedades rojizas. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son en general inferiores al 0,76 en todas las variedades, excepto Marsh con 0,99 (Tabla 4.63).

El parámetro **a** en todas las variedades, alcanza valores máximos cuando el ST2 tiene valores del orden de 1850, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores disminuye su valor haciéndose más verde en los variedades blancas y manos rojo (valores positivos) en las variedades rojizas, como Star Ruby y Río Red Figura 4.92. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son en general inferiores al 0,96 en todas las variedades excepto Star Ruby y Río Red con 0,99 (Tabla 4.63).

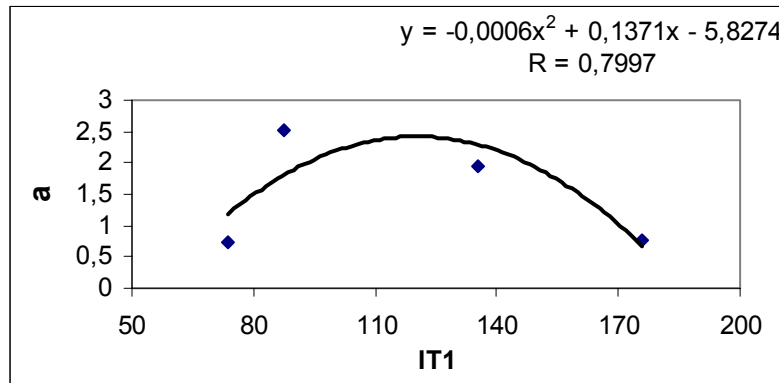
**Tabla 4.63.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **a** de color interno.

| Correlaciones. polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Río Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|----------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/ <b>a</b>               | 0,9622 | 0,7492   | 0,8820  | 0,9365    | 0,9401  | 0,9880   | 0,8503    | 0,9011 |
| IT1/ <b>a</b>              | 0,9995 | 0,6921   | 0,7997  | 0,8109    | 0,8283  | 0,8873   | 0,8536    | 0,8387 |
| IT2/ <b>a</b>              | 0,9940 | 0,8998   | 0,7662  | 0,7217    | 0,6950  | 0,7172   | 0,8672    | 0,8087 |
| ST1/ <b>a</b>              | 0,9990 | 0,5339   | 0,5854  | 0,5410    | 0,5710  | 0,5710   | 0,7582    | 0,6513 |
| ST2/ <b>a</b>              | 0,8561 | 0,8598   | 0,9624  | 0,9983    | 0,9979  | 0,5710   | 0,8879    | 0,8762 |

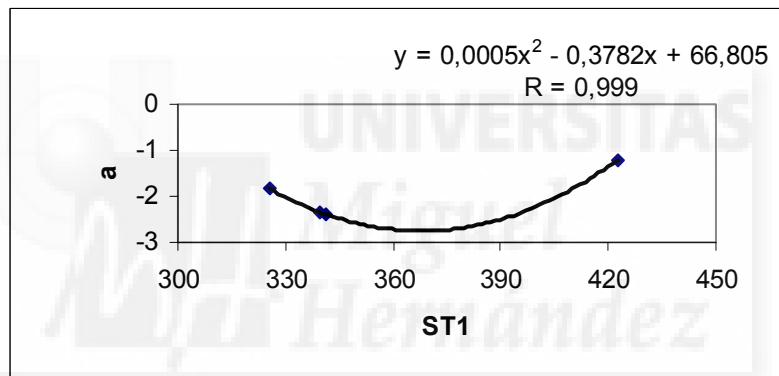
**Figura 4.89.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **a** interior de la variedad Star Ruby.



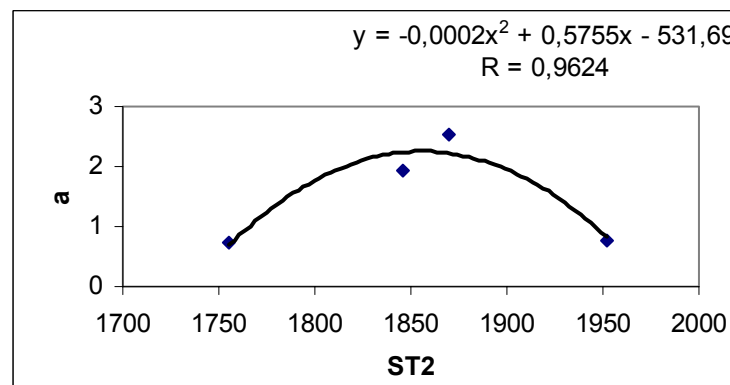
**Figura 4.90.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **a** interior de la variedad Shambar.



**Figura 4.91.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **a** interior de la variedad Shambar.



**Figura 4.92.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **a** interior de la variedad Shambar.



#### 4.5.2.3.- Parámetro **b** interno

La evolución del parámetro **b** interno es semejante al de **b** externo con la IT. Es más elevado, más amarillo con valores de IT del orden de 2200 en las variedades más blancas Marsh (Figura 4.93), Redblush, Shambar, a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores de IT el parámetro **b** disminuye de valor haciéndose menos amarillo. En las variedades rojizas como Star Ruby (Figura 4.94) y Río Red, el comportamiento es al contrario, con integrales térmicas de 2200 se alcanzan los valores más bajos y a partir de esos valores aumentan de valor cuando sus valores cambian. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen en general valores inferiores a 0,90 en todas las variedades, excepto Star Ruby con 0,4771 y Henderson con 0,8833 (Tabla 4. 64).

El comportamiento del parámetro **b** interior es semejante al **b** exterior con IT1 (Figura 4.95), alcanzando valores mínimos cuando el IT1 tiene valores del orden de 120, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su valor haciéndose más amarilla en las variedades más blancas y en las variedades rojizas sucede, como en el caso de **b** exterior, los valores son más bajos, menos amarillos con IT1 del orden de 120, y con otros valores aumenta ligeramente (Figura 4.96). Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos tienen valores superiores a 0,82 excepto Star Ruby con 0,2971 y Henderson con 0,7066, correlaciones inferiores en general a **b** exterior (Tabla 4. 61).

La evolución del parámetro **b** con el IT2 se observa en la Tabla 4.64 que tiene en general correlaciones bajas con valores medios inferiores a 0.66.

El comportamiento del parámetro **b** interior con ST1 (Figura 4.97), es semejante a este parámetro en el exterior siendo más alto, más amarillo con valores de ST1 del orden de 380 a en todas las variedades a partir de aquí, ya sean menores o mayores los valores de ST1 el parámetro **b** disminuye de valor haciéndose menos amarillo, en todas las variedades. Los coeficientes de las correlaciones polinómicas de orden dos son en general bajos excepto Marsh, Río Red y Ray Ruby, que son superiores a 0,90 (Tabla 4. 64).

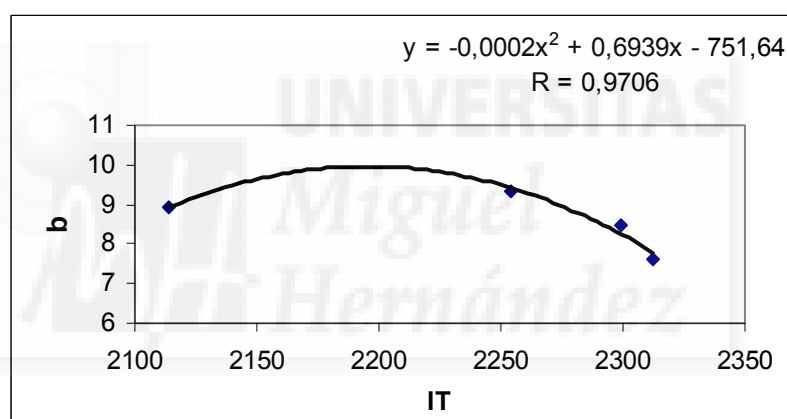
Con el ST2 el parámetro **b** las correlaciones son más altas que con el ST1, con medias de 0,91. Alcanza valores mínimos en casi todas las variedades (Figura 4.98)

cuando el ST2 tiene valores del orden de 1850, a partir de esas cifras, ya sean menores o mayores aumenta su valor haciéndose más amarilla en todas las variedades.

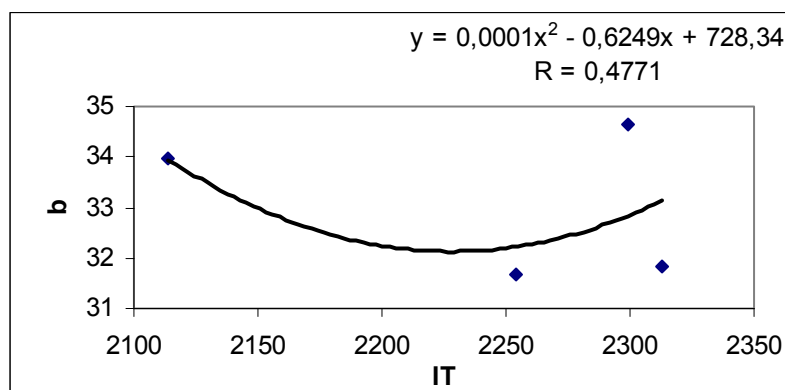
**Tabla 4.64.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro **b** de color interno.

| Correlaciones. polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|----------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/ <b>b</b>               | 0,9706 | 0,9987   | 0,9079  | 0,4771    | 0,9936  | 0,9992   | 0,8833    | 0,8900 |
| IT1/ <b>b</b>              | 0,9993 | 0,9317   | 0,8218  | 0,2971    | 0,9967  | 0,9644   | 0,7066    | 0,8168 |
| IT2/ <b>b</b>              | 0,3218 | 0,6523   | 0,7270  | 0,9334    | 0,2658  | 0,9425   | 0,8350    | 0,6682 |
| ST1/ <b>b</b>              | 0,9162 | 0,7432   | 0,5992  | 0,5516    | 0,9053  | 0,9053   | 0,3979    | 0,7169 |
| ST2/ <b>b</b>              | 0,8655 | 0,9582   | 0,9790  | 0,7290    | 0,9531  | 0,9531   | 0,9878    | 0,9179 |

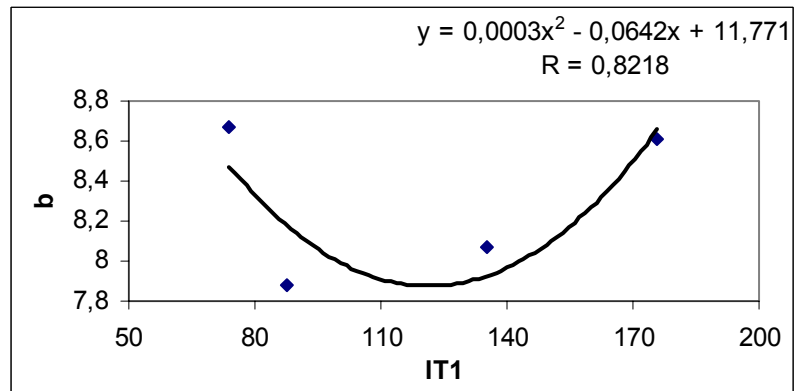
**Figura 4.93.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **b** interior de la variedad Marsh.



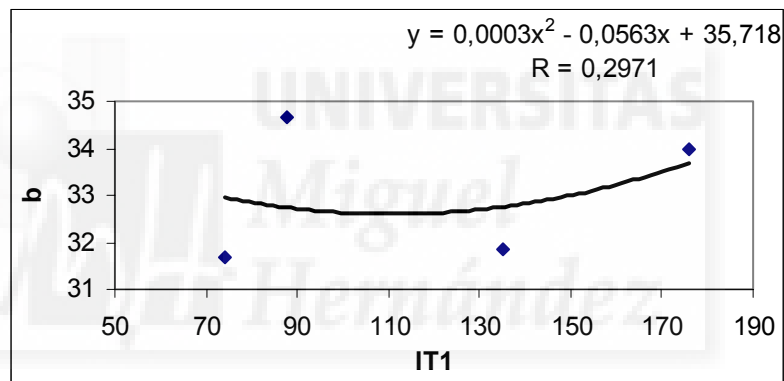
**Figura 4.94.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro **b** interior de la variedad Star Ruby.



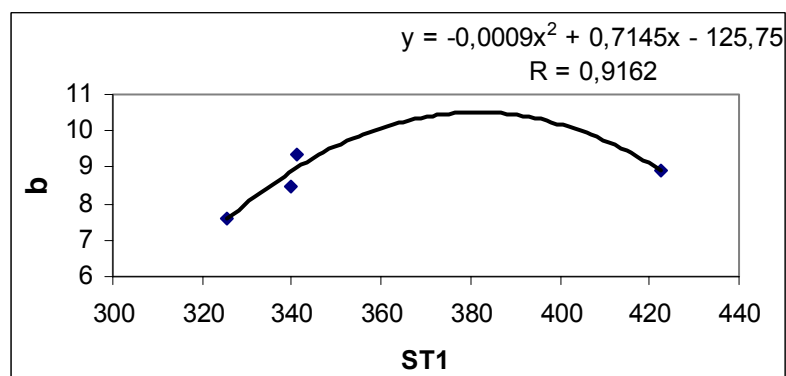
**Figura 4.95.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **b** interior de la variedad Shambar.



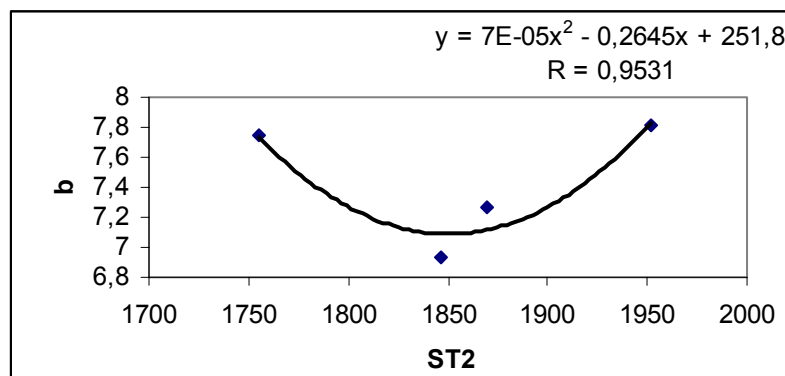
**Figura 4.96.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro **b** interior de la variedad Star Ruby.



**Figura 4.97.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro **b** interior de la variedad Marsh.



**Figura 4.98.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro **b** interior de la variedad Río Red.



#### 4.5.3.- Índice de color Ic externo

La influencia de la temperatura en el índice de color exterior **Ic** se observa en el estudio realizado, que los valores menos negativos (menos verdes) de este índice, en el mes de noviembre, se alcanzan con integrales térmicas del orden de 2200, por encima y por debajo de estos valores hay una tendencia a aumentar. (Figura 4.99, 4.100). lo cual es coincidente con la evolución de los parámetros **L**, **a** y **b** (Figuras 4.69, 4.74, 4.75 y 4.79), que lo hacen de la misma forma y dado que la fórmula es  $Ic = a \cdot 1000 / L \cdot b$  el comportamiento y correlación de estos parámetros hace evolucionar al índice de color según la tendencia de estos parámetros.

Si correlacionamos este índice con IT1, la tendencia es semejante, pero al contrario, (Figura 4.101), siendo los valores más negativos entorno a 130, y cuando estos valores son mayores o menores a 130 se hacen menos negativos. La razón deriva de que con valores de IT1 (periodo del 15 octubre al 15 de noviembre) en torno a los valores de IT1 de 130, los parámetros **L**, **a** y **b** tienen los valores más bajos, a partir de aquí, tanto si disminuyen como si aumenta IT1; los valores de **L** aumentan (más claridad), los valores de **a** disminuyen los negativos (baja el tono verde), y el parámetro **b** aumenta de valor (se hace más amarillo) por lo que todo ello repercute en la fórmula de **Ic** con la tendencia antes mencionada.

En el caso de IT2 y su influencia con **Ic** no se observa una tendencia clara de influencia de este índice, variando de unas variedades a otras.

Respecto al ST1 se puede observar el comportamiento del índice de color externo (Figura 4.103), donde los valores más altos del **Ice** se corresponden con valores de 380 de ST1 y a partir de aquí, tanto si disminuyen como si aumenta los valores de ST1, disminuyen los valores del índice de color. El mismo tipo de evolución tienen los parámetros **L**, **a** y **b**, con el ST1 (Figuras 4.71, 4.77 y 4.82) donde alcanzan sus valores máximos dentro de la banda del 380.

Si estudiamos el **Ice** con el ST2 (la Figura 4.104), que los valores mínimos los alcanza el índice de color cuando alcanza valores el ST2 del orden de 1850, a partir de aquí, tanto si disminuyen como si aumenta los valores de ST2 los valores de **Ice** aumentan. Similar evolución tienen los parámetros **L**, **a** y **b**, con el ST2 (Figuras 4.72, 4.78 y 4.83) donde alcanzan sus valores mínimos dentro tan bien de la banda de los 1850 a partir de esos valores también aumentan los valores de esos parámetros.

Analizando los datos medios de la Tabla 4.66 de los coeficiente de correlación de las regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de : IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con los índices de color externo e interno, se desprende que las correlación media más alta para el color externo, se dan con **Ice** y la IT1 con 0,9411 seguido de la IT con 0,9128 y la última con IT2 con 0,3969 lo cual parece indicar que hay una tendencia a influir más la temperatura en el color externo, en el periodo situado entre octubre y noviembre, mientras que la influencia es bastante menor en el periodo de marzo a junio, ya que como puede observarse la IT (periodo marzo noviembre), es de 0,9128, ligeramente inferior a IT1 que no tiene la influencia del periodo de marzo a junio, pues su fórmula abarca los periodos de octubre a noviembre, y los periodos de julio a octubre englobados en IT2 que tiene baja correlación 0,3969. Sin embargo en el color externo del fruto influye algo más los saltos térmicos del 15 de octubre al 15 de noviembre (ST1) con valores medios de 0.8826 que los saltos térmicos de julio a noviembre con correlaciones medias de 0,8528.

Las correlaciones lineales que se muestran en la Tablas 4.67 resumen las matrices de Pearson de todas las variedades de pomelo estudiadas con el **Ic** externo. Se observan que la correlaciones entre los diferentes parámetros objeto de este estudio no son estadísticamente significativas en ninguna de las variedades estudiadas, lo cual nos viene a confirmar lo indicado en las correlaciones polinómicas, reflejan una influencia de la IT a partir de unos valores determinados de la misma, y no en todo el periodo de temperatura considerado en su cálculo (marzo noviembre).

**Tabla.-4.65.:** Valores absolutos de integral térmica y salto térmico en diferentes años en La Alberca (Murcia)

| AÑO  | IT     | IT 1  | IT 2   | ST 1  | ST 2   |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 1999 | 2254   | 73.92 | 1446.2 | 341.2 | 1755.2 |
| 2000 | 2299   | 87.7  | 1392.8 | 339.7 | 1869.6 |
| 2001 | 2312.5 | 135.2 | 1440.1 | 325.5 | 1846.3 |
| 2002 | 2114.1 | 175.8 | 1434.4 | 422.4 | 1951.9 |

**IT:** Integral térmica absoluta. **IT 1:** Integral térmica del 15 de octubre al 15 de noviembre. **IT 2:** Integral térmica de julio a noviembre. **ST 1:** Salto térmico del 15 de octubre al 15 de noviembre. **ST 2:** Salto térmico de julio a noviembre.

**Tabla 4.66.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinómicas de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con los índices de color externo.

| Correlaciones polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|---------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/Ice.                   | 0.9989 | 0.8738   | 0.9882  | 0.9050    | 0.9147  | 0.9739   | 0.7424    | 0,9128 |
| IT1/Ice                   | 0.9876 | 0.9446   | 0.9975  | 0.8827    | 0.9760  | 0.8889   | 0.9205    | 0.9411 |
| IT2/Ice                   | 0.3313 | 0.1827   | 0.2416  | 0.7782    | 0.0565  | 0.6059   | 0.5825    | 0.3969 |
| ST1/Ice                   | 0.8690 | 0.9996   | 0.9050  | 0.7543    | 0.9893  | 0.6627   | 0.9986    | 0.8826 |
| ST2/Ice                   | 0.9676 | 0.8069   | 0.9294  | 0.9475    | 0.8368  | 0.9988   | 0.483     | 0.8528 |

**IT:** Integral térmica absoluta. **Ice:** Índice de color externo en noviembre. **Ici:** Índice de color interno en noviembre. **IT 1:** Integral térmica del 15 de octubre al 15 de noviembre. **IT 2:** Integral térmica de julio a noviembre. **ST 1:** Salto térmico del 15 de octubre al 15 de noviembre. **ST 2:** Salto térmico de julio a noviembre.

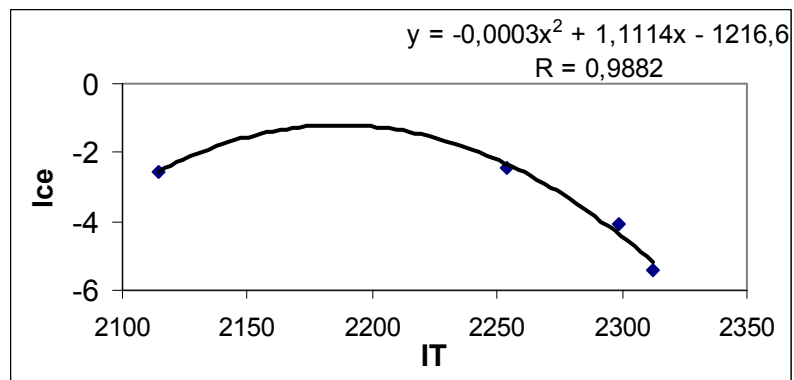
**Tabla 4.67.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de **Ic** exterior con IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades estudiadas.

| Correlaciones lineales | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| IT                     | -0,767 | -0,757   | -0,716  | -0,862    | -0,744  | -0,605   | -0,211    |
| IT 1                   | -0,054 | 0,070    | -0,036  | 0,499     | 0,016   | -0,064   | -0,536    |
| IT 2                   | 0,331  | -0,134   | 0,228   | 0,696     | -0,036  | 0,572    | -0,378    |
| ST 1                   | 0,662  | 0,736    | 0,619   | 0,754     | 0,699   | 0,453    | 0,180     |
| ST 2                   | 0,009  | 0,287    | -0,018  | 0,193     | 0183    | -0,261   | -0,193    |

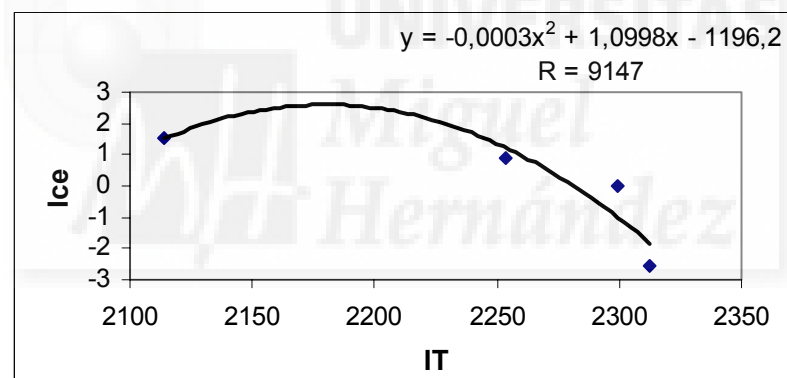
\* Nivel de significación,  $P > 95\%$



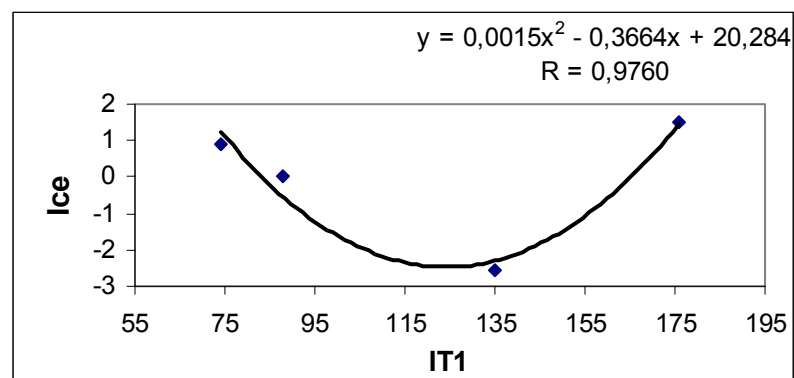
**Figura 4.99.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color externo de la variedad Shambar.



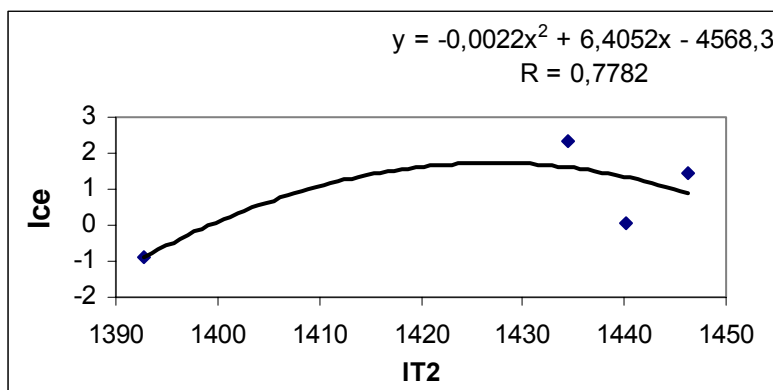
**Figura 4.100.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color externo de la variedad Río Red



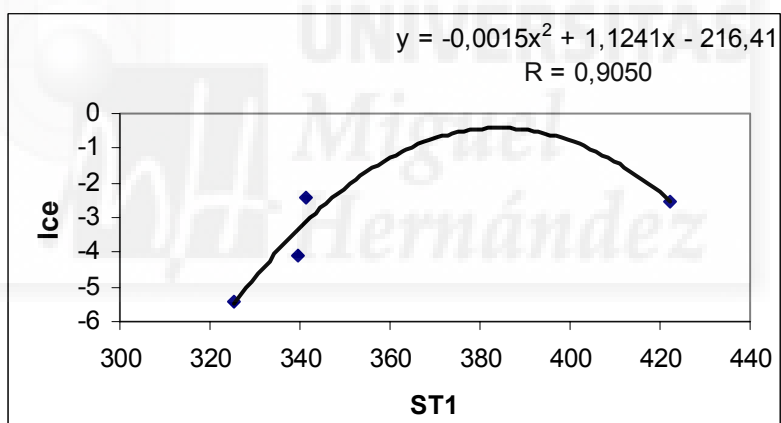
**Figura 4.101.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el Índice de color externo de la variedad Río Red.



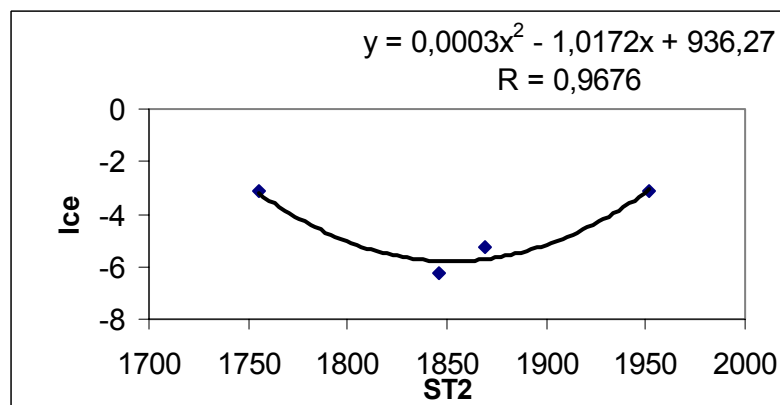
**Figura 4.102.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT2 con el Índice de color externo de la variedad Star Ruby.



**Figura 4.103.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el Índice de color externo de la variedad Shambar.



**Figura 4.104.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el Índice de color externo de la variedad Marsh.



#### 4.5.4.- Índice de color Ic interno

La influencia de la temperatura, en el índice de color interno **Ici**, se observa en el estudio realizado, que el comportamiento de este índice es al contrario que el índice de color externo. En este caso para valores de 2200 de IT los valores de **Ici** son los más negativos de este índice, en el mes de noviembre, cosa que para el **Ice** eran al revés, los menos negativos. Para **Ici**, por encima y por debajo de estos valores hay una tendencia a disminuir (Figura 4.106), lo cual no coincide con la tendencia de los parámetros **L** y **b** que es al contrario (Figuras 4.85 y 4.93) pero sí con el comportamiento del parámetro **a** (Figura 4.89). Pero debido a que este parámetro está en el numerador de la fórmula multiplicado por 1000 su influencia es notable en la misma y por lo tanto este índice se comporta como hemos comentado.

Si estudiamos este índice con IT1, la tendencia es semejante, pero al contrario que con el **Ice**, (Figura 4.107), siendo los valores menos negativos en el entorno de 130, y cuando estos valores son mayores o menores a 130 se hacen más negativos. Lo cual no coincide con la tendencia de los parámetros **L** y **b** que es al revés (Figuras 4.86 y 4.94) pero sí con el comportamiento del parámetro **a** (Figura 4.90), por lo tanto, por las características de la fórmula sucede como el caso anterior con la IT, y por lo tanto este índice enmascara, para este caso y el anterior la evolución de **L** y de **b** en estos casos y para comprenderlo hay que ir y estudiar los propios parámetros como se ha hecho anteriormente.

En el caso de IT2 y su influencia con **Ici** su comportamiento es semejante a **Ice**, es decir, no se observa una tendencia clara de influencia de este índice, ya que difiere de unas variedades a otras, (Figura 4.108).

Respecto al ST1 el comportamiento de **Ici** es al contrario que con **Ice**, como se observa en la Figura 4.109, donde los valores más bajos del **Ici** están en el entorno de 380 de ST1; a partir de aquí, tanto si disminuyen como si aumenta los valores de ST1, aumentan los valores del índice de color. El mismo tipo comportamiento tienen los parámetros que en los casos anteriores; así, la tendencia de los parámetros **L** y **b** es al revés (Figuras 4.87 y 4.95) pero sí coincide con el comportamiento del parámetro **a** (Figura 4.91), por lo tanto, el **Ici** evoluciona por la influencia en la fórmula del parámetro **a** y por lo tanto este índice enmascara, como el caso anterior la evolución de

**L** y de **b** y para comprenderlo hay que ir y estudiar los mencionados parámetros como se ha hecho anteriormente.

En cuanto al comportamiento de **Ici** con el ST2 es al contrario que el **Ice**, es decir, como se observa en la Figura 4.110, los valores máximos los alcanza el índice de color cuando alcanza valores el ST2 del orden de 1850, a partir de aquí, tanto si disminuyen como si aumenta los valores de ST2 los valores de **Ice** disminuyen. El comportamiento de los parámetros es semejante a los casos anteriores, siendo al contrario en **L** y **b** (Figuras 4.88 y 4.96) y semejante en **a** con **Ici**. De todo ello se deduce que los parámetros **L** y **b** evolucionan, en general, de forma semejante en el exterior y en el interior del fruto del pomelo, mientras que el parámetro **a** su tendencia evolutiva en el interior es contraria que en el exterior.

Para el caso de las correlaciones (Tabla 4.68) del **Ici** con las integrales térmicas, las más altas se dan con IT de valores medios de 0,9388 seguidos de la IT1 con 0.8960, lo que nos indica que hay una influencia mayor de la temperatura en el periodo situado entre marzo y junio, (por ser más alta la correlación de la IT que la de IT1), que en el periodo siguiente (octubre a noviembre), incluido también en la fórmula de IT y menos influencia de julio a octubre ya que IT2 es de julio a noviembre.

Respecto a las correlaciones con los saltos térmicos, la del 15 de octubre a 15 de noviembre (ST1) son más bajas (0,7107) que las del ST2 con 0,9446 lo que nos indica que en el periodo de julio a octubre (periodo de cálculo de julio a noviembre de ST2) la influencia de los saltos térmicos es notablemente mayor, para poder lograr que en el conjunto, que la ST2 tenga un valor más alto que el de la ST1 (de 15 de octubre a 15 de noviembre).

Las correlaciones lineales que se muestran en la Tablas 4.69 resumen las matrices de Pearson de todas las variedades de pomelo estudiadas con el **Ic** interno. Se observan que las correlaciones entre los diferentes parámetros objeto de este estudio no son estadísticamente significativas en ninguna de las variedades estudiadas como sucedía con el **Ic** exterior, lo cual nos viene a confirmar lo indicado en las correlaciones polinómicas, que reflejan una influencia de la IT a partir de unos valores determinados de la misma, y no en todo el periodo de temperatura considerado en su cálculo (marzo a noviembre).

**Tabla 4.68.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con los índices de color interno.

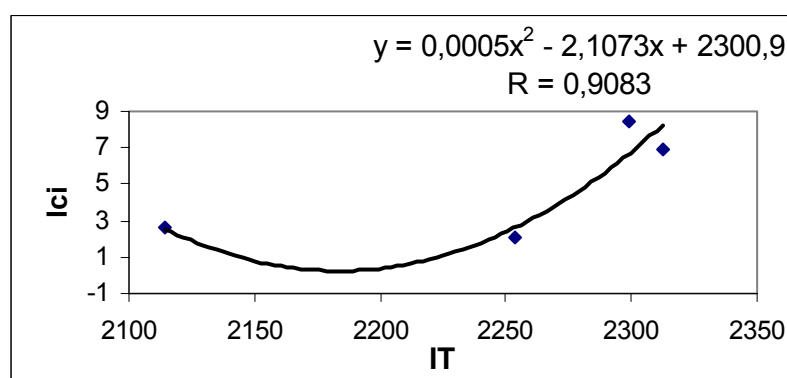
| Correlaciones. polinómicas | Marsh  | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson | Medias |
|----------------------------|--------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|--------|
| IT/Ici.                    | 0.9868 | 0.8095   | 0.9083  | 0.9995    | 0.9996  | 0.9989   | 0.8691    | 0.9388 |
| IT1/Ici                    | 0.9959 | 0.7336   | 0.8212  | 0.9635    | 0.9603  | 0.9631   | 0.8347    | 0.8960 |
| IT2/Ici                    | 0.8026 | 0.8463   | 0.7264  | 0.5256    | 0.4550  | 0.5877   | 0.8091    | 0.6789 |
| ST1/Ici                    | 0.9689 | 0.5359   | 0.5969  | 0.7999    | 0.7916  | 0.8034   | 0.6883    | 0.7107 |
| ST2/Ici                    | 0.9772 | 0.9146   | 0.9795  | 0.9413    | 0.9693  | 0.9287   | 0.9298    | 0.9446 |

**Tabla 4.69.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de Ic interior con: IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades estudiadas.

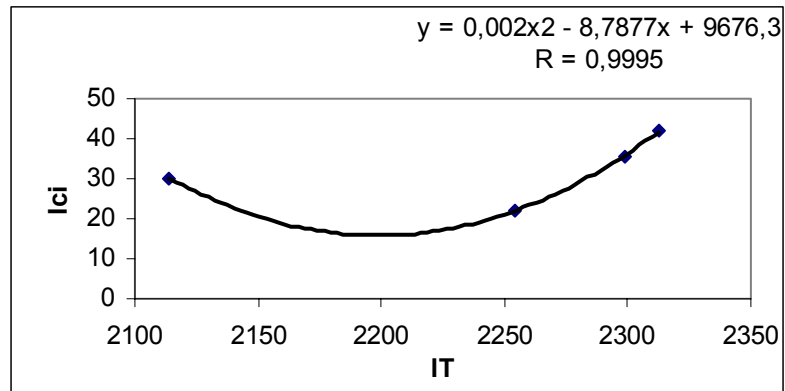
| Correlacione s. lineales | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|--------------------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| IT                       | -0,981* | 0,683    | 0,703   | 0,446     | 0,609   | 0,347    | 0,809     |
| IT 1                     | 0,7682  | -0,310   | -0,1833 | 0,330     | 0,136   | 0,430    | -0,454    |
| IT 2                     | 0,385   | -0,838   | -0,726  | -0,327    | -0,394  | 0,296    | 0,757     |
| ST 1                     | 0,959*  | -0,535   | -0,553  | -0,308    | -0,476  | -0,206   | -0,688    |
| ST 2                     | 0,622   | 0,082    | 0,121   | 0,377     | 0,219   | 0,463    | -0,110    |

\* Nivel de significación, P>95%

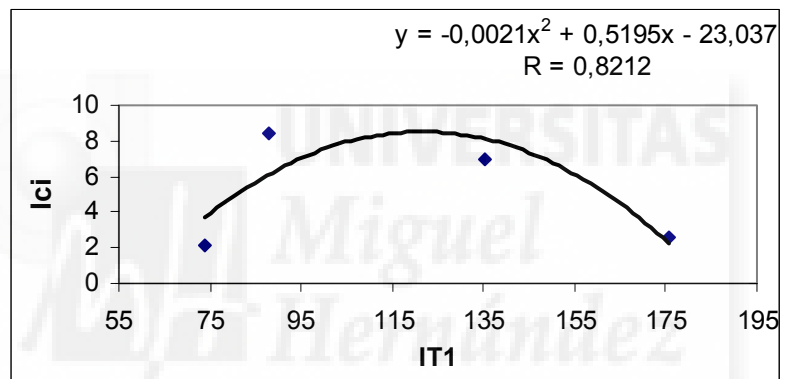
**Figura 4.105.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color interno de la variedad Shambar



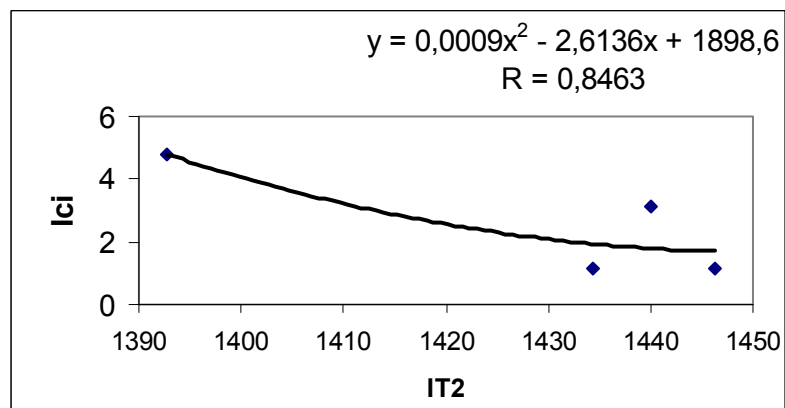
**Figura 4.106.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el índice de color interno de la variedad Río Red.



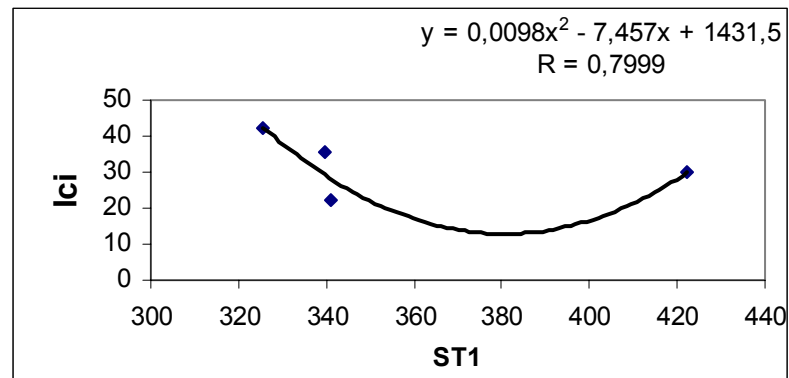
**Figura 4.107.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el índice de color interno de la variedad Shambar.



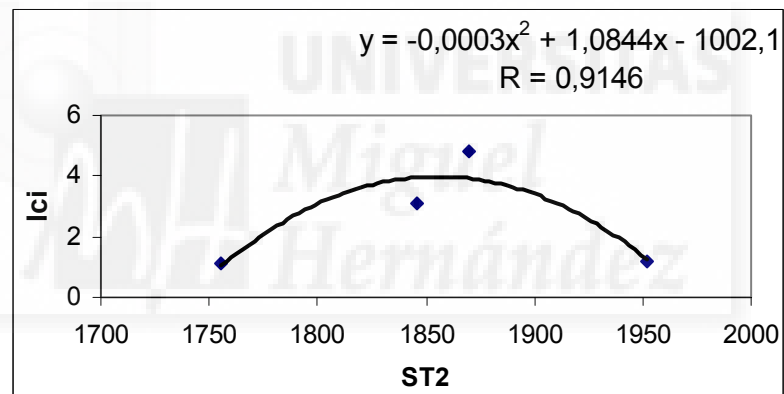
**Figura 4.108.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT2 con el índice de color interno de la variedad Redblush.



**Figura 4.109.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el índice de color interno de la variedad Río Red.



**Figura 4.110.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el índice de color interno de la variedad Redblush.



#### **4.6.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS DISTINTOS PARÁMETROS DEL COLOR EXTERNO E INTERNO DE LAS DISTINTAS VARIEDADES Y CLONES DE LIMONERO**

##### **4.6.1 Influencia de la temperatura en la evolución del color externo de las variedades y clones del limón injertados sobre naranjo amargo**

Según Agustí (2000) y Casas y Mallent (1988), tal como hemos comentado en la introducción, la coloración característica de la corteza de los frutos cítricos es estimulada por las bajas temperaturas ambientales durante el periodo de maduración. En este epígrafe se pretende estudiar la evolución de las temperaturas medias y mínimas para correlacionarlas con los distintos parámetros colorimétricos del fruto del limón. Se ha realizado el seguimiento de las temperaturas y de los distintos parámetros colorimétricos de los clones y variedades estudiadas, solo sobre, naranjo amargo, por ser el patrón que nos puede servir de referencia a nivel mundial, ya que el uso de *C. macrophylla*, aparte de España es poco utilizado en otros países y porque en el estudio de los parámetros colorimétricos de las distintas variedades y clones estudiados anteriormente sobre estos dos patrones hemos visto que no hay influencia del patrón sobre dichos parámetros.

En las Tablas 4.70 y 4.71 se han colocado la temperatura media y mínima correspondiente al periodo anterior a la fecha del muestreo, y en las Figuras 4.111 y 4.112 vemos la evolución de dichas temperaturas, que suele ser decreciente, según se acerca el otoño.

Por otra parte dado que la variedad a nivel mundial de mayor interés es Eureka y a nivel español es el clon Fino 49, las Figuras de este apartado las referimos a estos dos cultivares.

##### **4.6.1.1.- Parámetro L.**

La evolución del parámetro externo **L** en Eureka y Fino 49 puede observarse en las Figuras 4.113 y 4.114, siendo su comportamiento semejante en las restantes variedades y clones.



Observando la Tabla 4.72 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el parámetro **L** de color externo, se desprende que, las correlaciones son en general altas, siendo la mayor el clon Fino 48 en el 2001 con 0.9915 y la menor el clon Fino 77 en el 2001 con 0,9430, siendo los coeficientes de correlación similares entre las diferentes variedades y clones. En la Tabla 4.73 se observan que las correlaciones lineales son algo inferior a las anteriores, siendo su nivel de significación mayor del 95% en todos los clones y variedades estudiadas. En las Figuras 4.113 y 4.114 representamos el clon Fino 49 y Eureka.

La evolución de la temperatura media en otoño (Figura 4.113 y 4.114) es decreciente y la claridad aumenta progresivamente en todas las variedades y clones estudiados. De manera similar ocurre con la evolución de las temperaturas mínimas (Ver Anejo 1).

En el año 2002, se puede observar, que en el mes de septiembre tanto en las temperaturas medias (Figura 4.114) como en las mínimas (Ver Anejo N° 2), que la disminución de la temperatura, influye poco en el parámetro **L**. A partir de primeros de octubre, en los dos años estudiados, aumenta el parámetro **L**, a pesar que las lecturas de la temperatura, del 29 de octubre de 2001 y 23 de octubre de 2002, son ligeramente superiores, a la anterior. El incremento de **L** es aún mayor en el mes de noviembre en el que siguen descendiendo las temperaturas y lo mismo sucede en el mes de diciembre, que siguen aumentando los valores del parámetro **L** a pesar de que, como en el caso de diciembre de 2002 la temperatura aumenta ligeramente en el periodo tomado.

En las Figuras 4.115 y 4.116 se observan las correlaciones polinomiales de Fino 49 (2001) y Eureka (2002) en las que se aprecia claramente como aumenta la claridad con el descenso de la temperatura media.

La evolución del parámetro **L** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

**Tabla 4.70.:** Evolución de las temperaturas media y mínima en los años 2001, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.

| <i>Fechas</i>            | <i>11-oct-01</i> | <i>29-oct-01</i> | <i>9-nov-01</i> | <i>23-nov-01</i> | <i>20-dic-01</i> |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| <i>T<sup>a</sup> min</i> | 13.3             | 15.5             | 11.3            | 7.6              | 7.6              |
| <i>T<sup>a</sup> med</i> | 18               | 19.5             | 13.9            | 11.2             | 9                |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAM 2004.

**Tabla 4.71.:** Evolución de las temperaturas media y mínima en los años 2002, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.

| <i>Fechas</i>            | <i>10-sep-02</i> | <i>25-sep-02</i> | <i>08-oct-02</i> | <i>23-oct-02</i> | <i>8-nov-02</i> | <i>19-nov-02</i> | <i>25-nov-02</i> | <i>27-dic-02</i> |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>T<sup>a</sup> min</i> | 18.1             | 15.7             | 14.3             | 15.8             | 13.8            | 5.8              | 8.6              | 7.2              |
| <i>T<sup>a</sup> med</i> | 24.4             | 19.8             | 19.8             | 20.5             | 17.1            | 12.5             | 11.5             | 12.3             |

**Tabla 4.72.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con L externo de las variedades y clones estudiados.

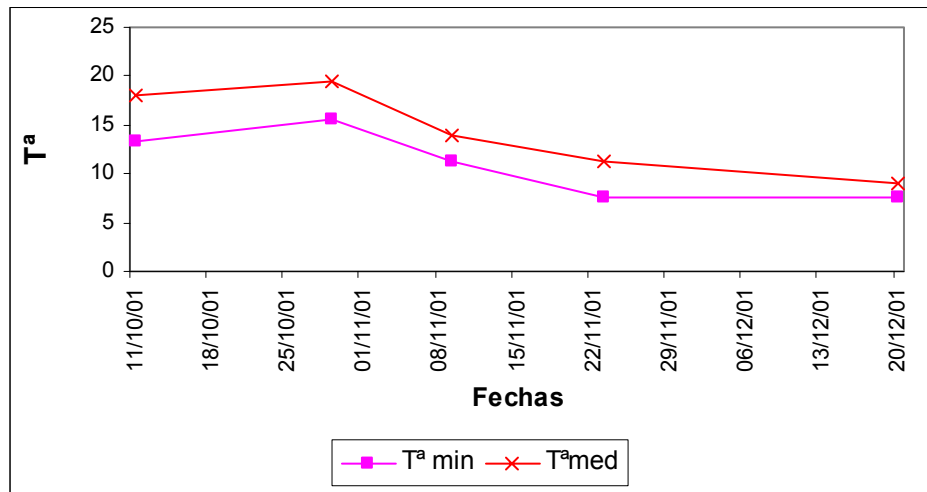
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Correl..Año 2001          | 0,9613  | 0,9905  | 0,9915  | 0,9703  | 0,9881  | 0,9536 | 0,9855 |
| Correl..Año 2002          | 0,9605  | 0,9483  | 0,9434  | 0,9456  | 0,9430  | 0,9522 | 0,9529 |

**Tabla 4.73.:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con L externo de las variedades y clones estudiados.

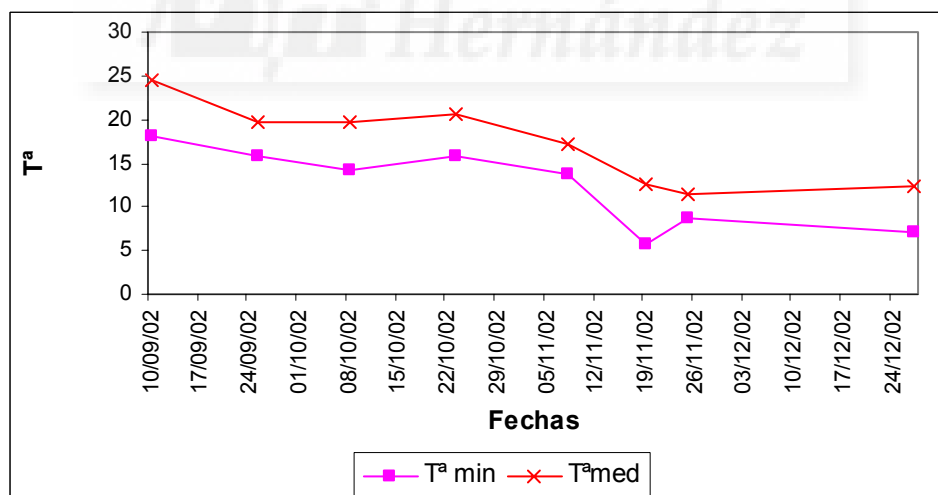
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Corr. Año 2001         | -0,9434* | -0,9551* | -0,9612* | -0,9450* | -0,9445* | -0,9526* | -0,9348* |
| Corr. Año 2002         | -0,9561* | -0,9353* | -0,9372* | -0,9381* | -0,9379* | -0,9420* | -0,9444* |

\* Nivel de significación, P&gt;95%

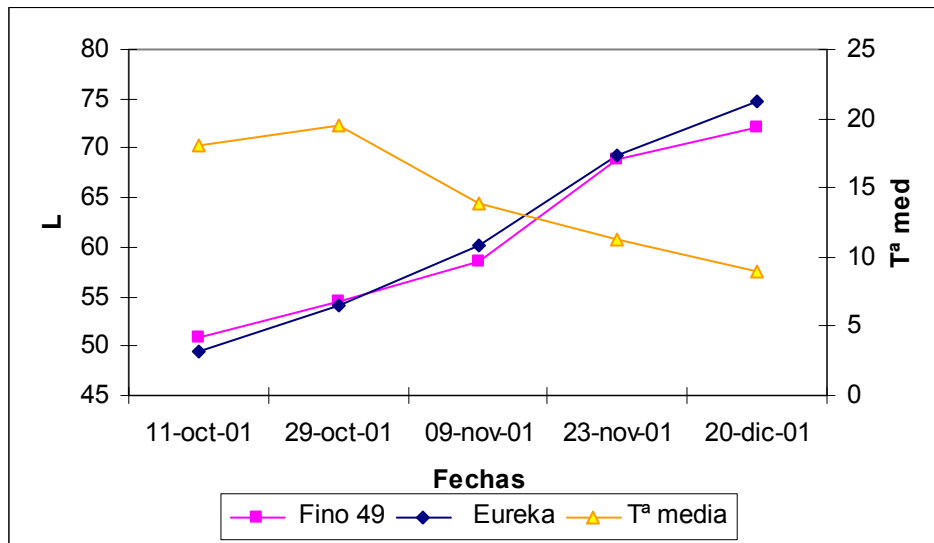
**Figura 4.111.:** Evolución de las temperaturas media y mínima en el año 2001, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.



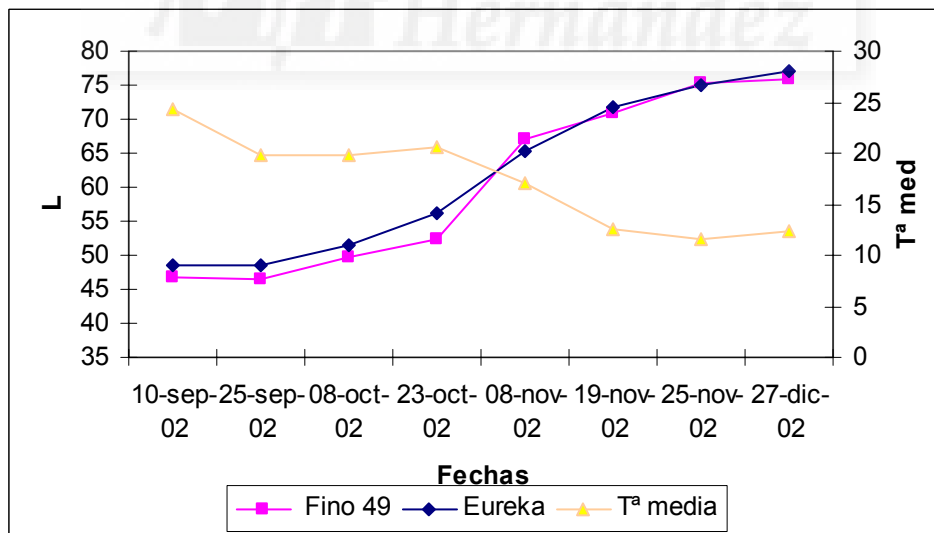
**Figura 4.112.:** Evolución de las temperaturas media y mínima en el año 2002, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.



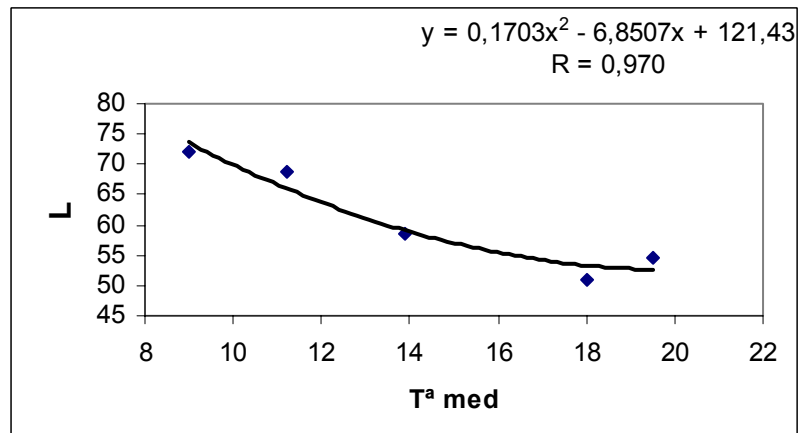
**Figura 4.113.:** Evolución de los valores medios del parámetro **L** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



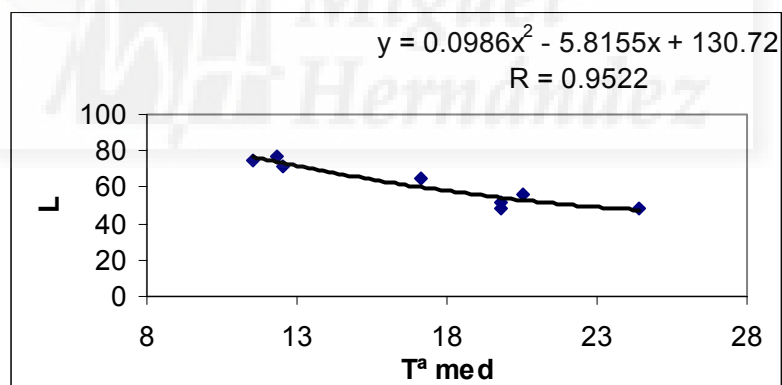
**Figura 4.114.:** Evolución de los valores medios del parámetro **L** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002



**Figura 4.115.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **L** del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.116.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **L** del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002



#### 4.6.1.2.- Parámetro **a**

La evolución del parámetro externo **a** en Fino 49 y Eureka en comparación con la  $T^a$  media puede observarse en los Figuras 4.117 y 4.118, siendo su comportamiento semejante en todas las variedades y clones.

Del estudio de la Tabla 4.74 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los

periodos considerados con el parámetro **a** de color externo, se desprende que las correlaciones son en general altas, siendo mayor en la variedad en Lisbon en el 2001 con 0.9983 y la menor el clon Fino 47 en el 2002 con 0,9052. Las correlaciones lineales de la Tabla 4.75 son algo inferiores a las polinomiales, siendo su nivel de significación mayor del 95% en todos los clones y variedades estudiadas.

Los descensos de temperaturas en los meses de septiembre y octubre apenas afectan al valor del parámetro **a**, disminuyendo ligeramente en el año 2002. A finales de octubre, cuando, hay una disminución constante de la temperatura por debajo de los 17° C de T<sup>a</sup> media, va aumentando progresivamente al valor de **a** hasta el valor máximo en diciembre. Las Figuras 4.117 y 4.118 son los que comparan las temperaturas medias, con este parámetro, y también con la época del año tomada. En las Figuras 4.119 y 4.120 se muestran las correlaciones polinomiales de Eureka y Fino 49 en las que se aprecia que a partir de unos 18°C de temperatura media en el año 2002 y 16°C en el año 2001, es cuando se inicia la pérdida del color verde, que corresponde a una mayor degradación de clorofilas.

La evolución del parámetro **a** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2. Con las temperaturas mínimas del orden de unos 14°C es cuando comienza el proceso de desverdización natural de los frutos.

**Tabla 4.74.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con **a** externo de las variedades y clones estudiados.

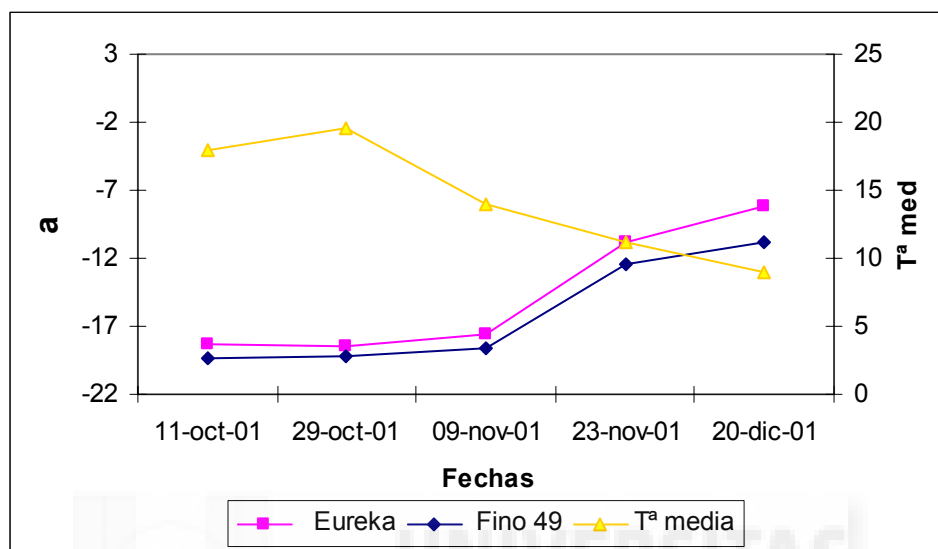
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,9770  | 0,9272  | 0,9937  | 0,9645  | 0,9289  | 0,9764 | 0,9983 |
| Corr. Año 2002            | 0,9949  | 0,9052  | 0,9888  | 0,9757  | 0,9933  | 0,9571 | 0,9891 |

**Tabla 4.75.:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con **a** externo de las variedades y clones estudiados.

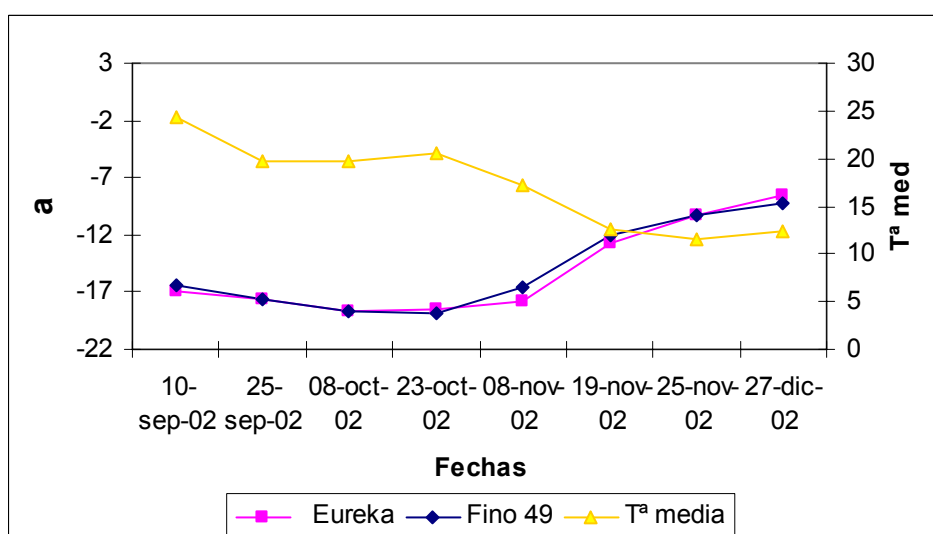
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Corr. Año 2001         | -0,9415* | -0,9158* | -0,9028* | -0,9133* | -0,9030* | -0,9173* | -0,9122* |
| Corr. Año 2002         | -0,8866* | -0,9052* | -0,8872* | -0,8540* | -0,9088* | -0,8399* | -0,8950* |

\* Nivel de significación, P>95%

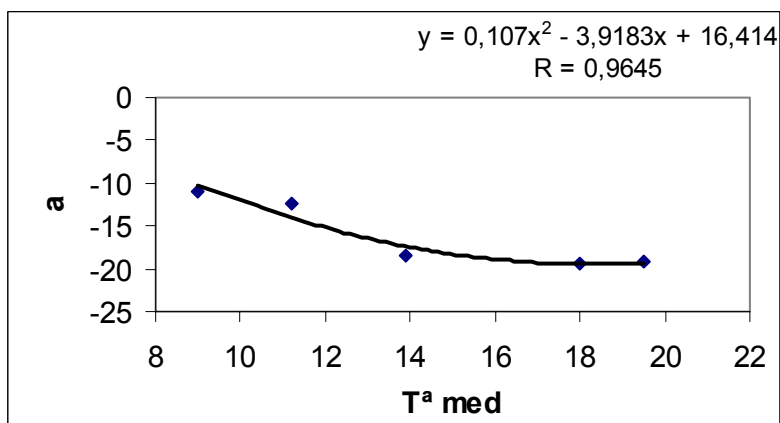
**Figura 4.117.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



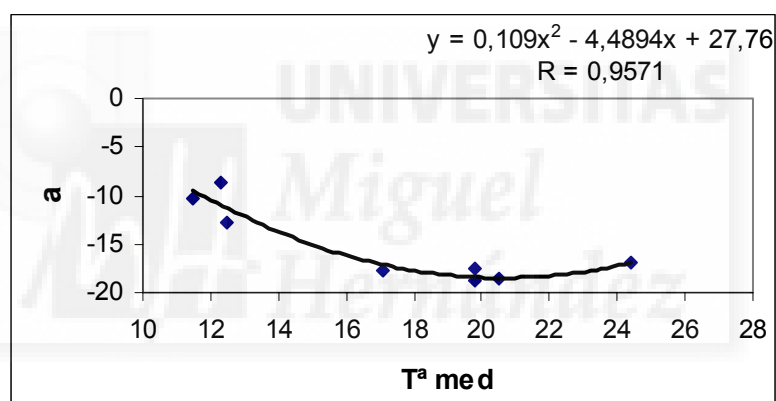
**Figura 4.118.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002.



**Figura 4.119.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el parámetro **a** del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.120.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el parámetro **a** del color externo del clon Eureka en los meses estudiados de 2002



#### 4.6.1.3.- Parámetro **b**

La evolución del parámetro externo **b** en Eureka y Fino 49 puede observarse en las Figuras 4.121 y 4.122 siendo similar, el comportamiento de las demás variedades y clones.

Del estudio de la Tabla 4.76 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el parámetro **b** de color externo, se desprende que las correlaciones son en general altas, siendo la mayor en la variedad Eureka en el año 2001 con 0.9877 y la menor el clon Fino 47 en el 2002 con 0,9412.



En la Tabla 4.77 se observan que las correlaciones lineales son algo inferior a las anteriores, siendo su nivel de significación mayor al 95% en todos los clones y variedades estudiadas.

En el mes de septiembre, varía poco el valor del parámetro **b** con el descenso de las temperaturas, existiendo un ligero incremento de su valor a lo largo de este mes. En el mes de octubre el incremento del valor de **b**, es mucho más acusado que en el mes anterior, incluso, a pesar del ligero aumento de la temperatura obtenido en la segunda lectura tomada en los dos años, que es algo superior a la primera de este mes. El descenso de la temperatura, en el mes de noviembre, se manifiesta en un incremento progresivo de **b**, tanto en este mes, como en el siguiente

Los Figuras 4.121 y 4.122 que se muestran las temperaturas medias, con el parámetro **b** en Eureka y Fino 49 en los dos años. La evolución del parámetro **b** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

En las Figuras 4.123 y 4.124 se muestran las correlaciones polinomiales de la T<sup>a</sup> media con Eureka y Fino 49 en el año 2001. En ellas se verifica, lo que hemos comentado anteriormente, de que a medida que disminuyen las temperaturas medias aumenta el valor de **b**.

**Tabla 4.76.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con **b** externo de las variedades y clones estudiados.

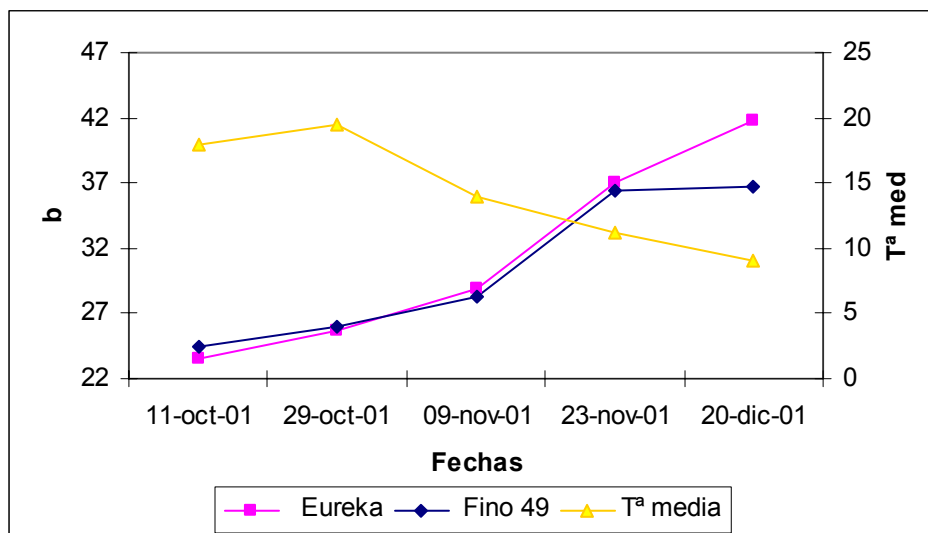
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,9517  | 0,9687  | 0,9798  | 0,9484  | 0,9830  | 0,9877 | 0,9789 |
| Corr. Año 2002            | 0,9670  | 0,9412  | 0,9436  | 0,9485  | 0,9493  | 0,9579 | 0,9555 |

**Tabla.4.77.** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con **b** externo de las variedades y clones estudiados.

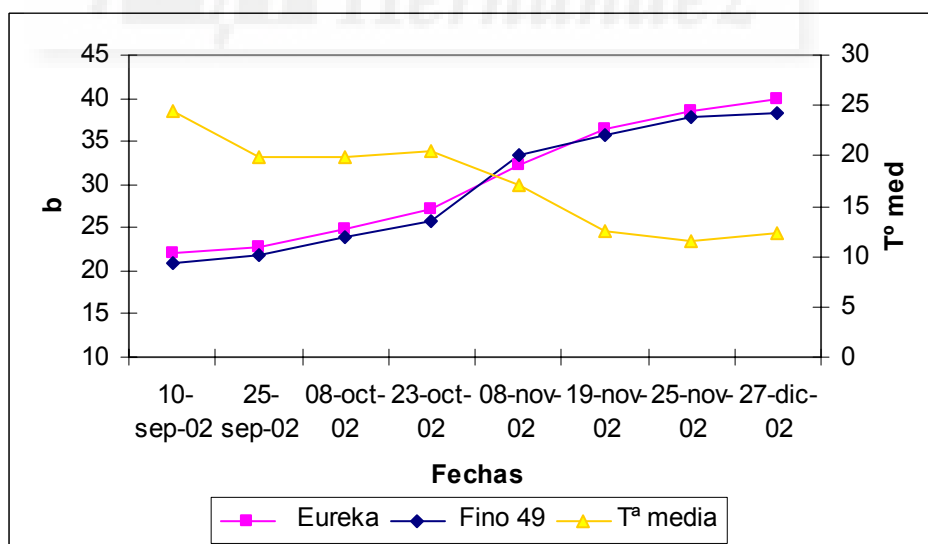
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Corr. Año 2001         | -0,9382* | -0,9427* | -0,9604* | -0,9308* | -0,9456* | -0,9482* | -0,9376* |
| Corr. Año 2002         | -0,9612* | -0,9353* | -0,9411* | -0,9459* | -0,9454* | -0,9508* | -0,9510* |

\* Nivel de significación, P>95%

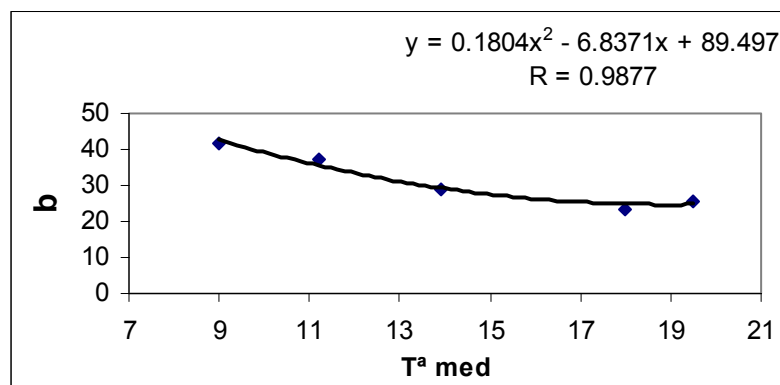
**Figura 4.121.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2001.



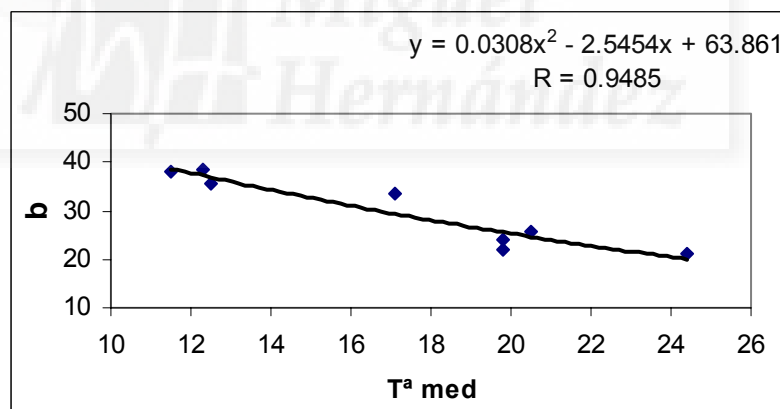
**Figura 4.122.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2002.



**Figura 4.123.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **b** del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.124.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **b** del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001



#### 4.6.1.4.- Índice Ic.

La evolución del índice externo **Ic** puede observarse en las Figuras 4.125 y 4.126, siendo su comportamiento semejante en todas las variedades y clones.

Del estudio de la Tabla 4.78 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el índice externo **Ic**, se desprende que las correlaciones son en

general altas, teniendo la mayor la variedad Eureka en el 2002 con 0.9799 y la menor el clon Fino 47 en el 2002 con 0,9011. En la Tabla 4.79 se observan que las correlaciones lineales son algo inferior a las anteriores, siendo su nivel de significación mayor del 95% en todos los clones y variedades estudiadas.

En el mes de septiembre, varía poco el valor del índice **Ic** con el descenso de las temperaturas, existiendo un ligero incremento, de su valor a lo largo de este mes. En el mes de octubre el incremento del valor de **Ic**, es mucho mayor que en el mes anterior, incluso, a pesar del ligero aumento de la temperatura obtenido en la segunda lectura tomada en los dos años, que es un poco superior a la primera de este mes. El descenso de la temperatura, desde el mes de noviembre, se manifiesta en un incremento progresivo del **Ic**, tanto en este mes, como en el de diciembre, aunque la primera temperatura tomada en este mes (2.002) es ligeramente superior al del mes anterior, pero su comportamiento es análogo al del año 2.001.

Los Figuras 4.125 y 4.126 se muestran las temperaturas medias, con el Índice **Ic** en Eureka y Fino 49 en los dos años. La evolución del Índice **Ic** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidas a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2. En las Figuras 4.127 y 4.128 se muestran las correlaciones polinomiales de la Tª media con Eureka y Fino 49 en el año 2001. En ellas se verifica, lo que hemos comentado anteriormente, de que a medida que disminuyen las temperaturas medias aumenta el valor de **Ic**.

Puede observarse que sobre el 20 de noviembre, en los dos años hay una tendencia a estabilizarse el **Ic** y permanecer constante, que equivale a unas temperaturas medias de 12° C y unas mínimas por debajo de 8° C.

**Tabla 4.78.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de Tª med, con **Ic** externo de las variedades y clones estudiados.

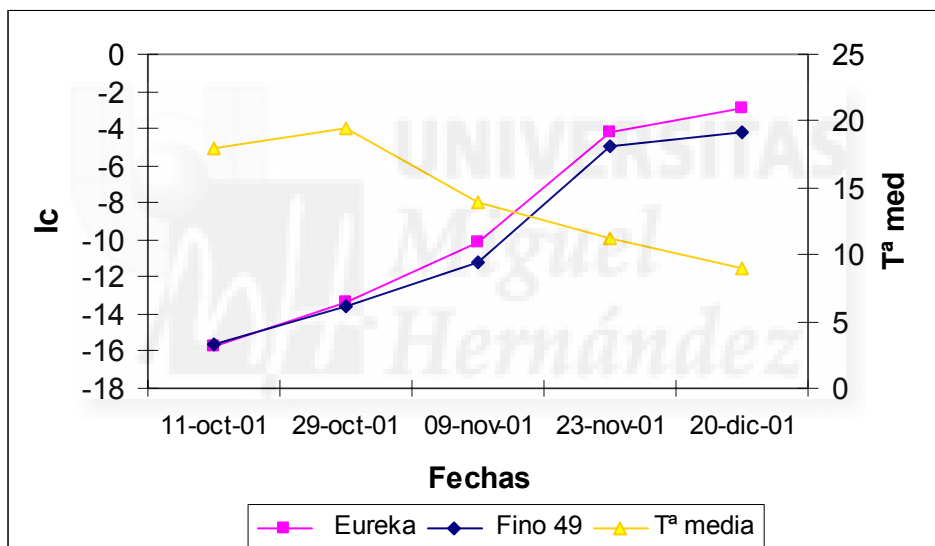
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,9558  | 0,9704  | 0,9811  | 0,9568  | 0,9797  | 0,9602 | 09770  |
| Corr. Año 2002            | 0,9226  | 0,9011  | 0,9463  | 0,9472  | 0,9479  | 0,9799 | 0,9551 |

**Tabla.4.79.:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de  $T^a$  med, con  $Ic$  externo de las variedades y clones estudiados.

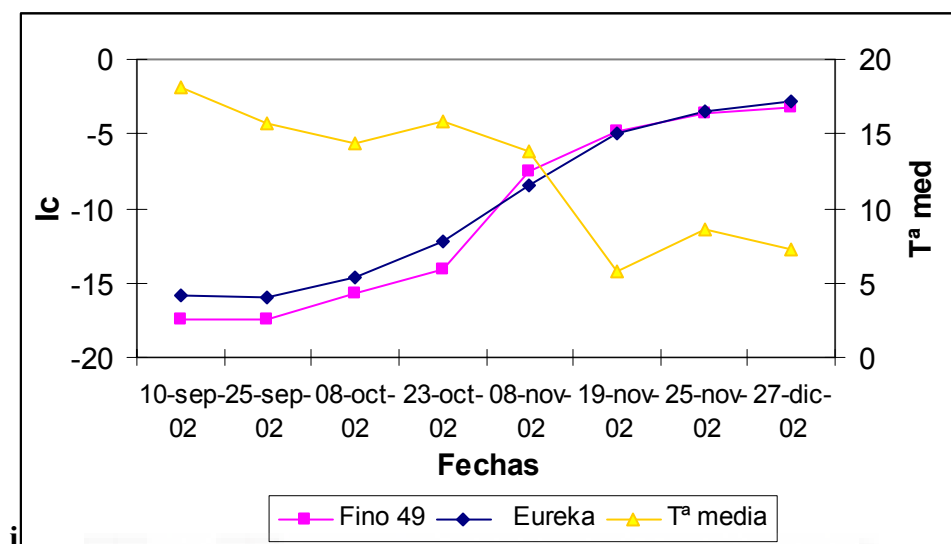
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Corr. Año 2001         | -0,9468* | -0,9535* | -0,9613* | -0,9397* | -0,9479* | -0,9483* | -0,9446* |
| Corr. Año 2002         | -0,9605* | -0,9389* | -0,9385* | -0,9409* | -0,9424* | -0,9421* | -0,9469* |

\* Nivel de significación,  $P > 95\%$

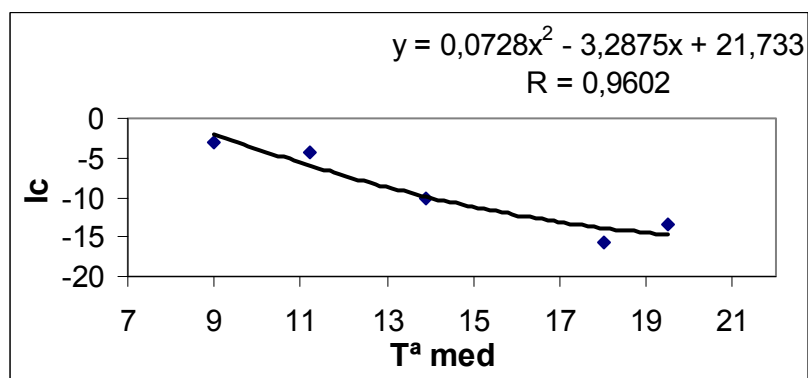
**Figura 4.125.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $Ic$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2001.



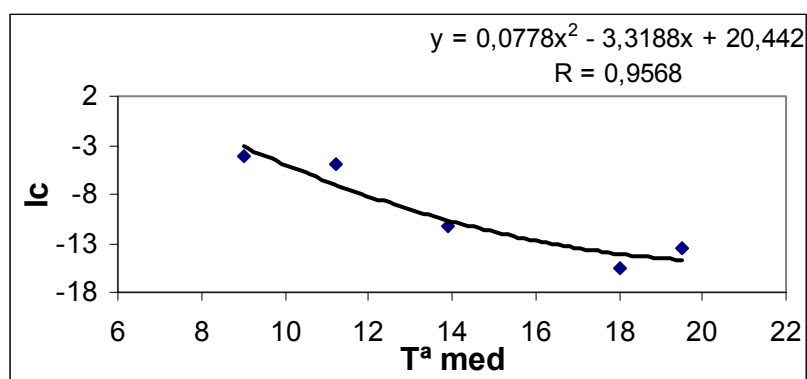
**Figura 4.126.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $I_c$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2002.



**Figura 4.127.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el Índice  $I_c$  del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.128.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el Índice Ic del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001



#### **4.6.2 Influencia de la Temperatura en la evolución del color interno de las variedades y clones de limón injertados sobre naranjo amargo**

##### **4.6.2.1.- Parámetro L**

La evolución del parámetro interno **L** en comparación con la temperatura media puede observarse en las Figuras 4.129 y 4.130 en Eureka y Fino 49, siendo el comportamiento en las demás variedades y clones semejante.

Observando la Tabla 4.80 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el parámetro **L** de color interno, se desprende que las correlaciones son en general más bajas que la **L** exterior, siendo la mayor el clon Fino 49 en el 2001 con 0.8851 y la menor el clon Fino 77 en el 2001 con 0,6983. En la Tabla 4.81 se observa que las correlaciones lineales son algo inferiores a las anteriores, teniendo un nivel de significación mayor al 95% sólo las variedades y clones estudiados, el año 2002 excepto Fino 48.

La tendencia general es de una disminución de la claridad a lo largo de estos meses conforme desciende la temperatura, teniendo en cuenta que esa disminución es de tan solo unos cinco puntos como máximo.

En septiembre de 2002, el descenso de la temperatura no afecta prácticamente al parámetro de la iluminación **L**. Comienza a disminuir este parámetro a partir del 25 de septiembre, bajando más de un punto hasta primeros de octubre y disminuyendo aun más durante este mes, conforme descienden las temperaturas.

En noviembre, los descensos, o los incrementos, de **L** en los años 2001 y 2002 son muy pequeños, respecto del mes anterior (Tabla 4.41)

En las Figuras 4.129 y 4.130 se comparan las temperaturas medias, con el parámetro **L** en las fechas estudiadas, para Eureka y Fino 49 en los dos años. La evolución del parámetro **L** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

En las Figuras 4.131 y 4.132 se muestran a título de ejemplo las correlaciones polinomiales con Fino 49 en el 2001 y Eureka en el 2002 donde se aprecia como disminuye la claridad conforme desciende la temperatura media.

**Tabla 4.80.:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de  $T^a$  med, con **L** interno de las variedades y clones estudiados.

| Correlaciones Polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,7366  | 0,7083  | 0,7998  | 0,8851  | 0,6983  | 0,7643 | 0,7411 |
| Corr. Año 2002            | 0,7924  | 0,7625  | 0,7449  | 0,8518  | 0,7682  | 0,7397 | 0,7919 |

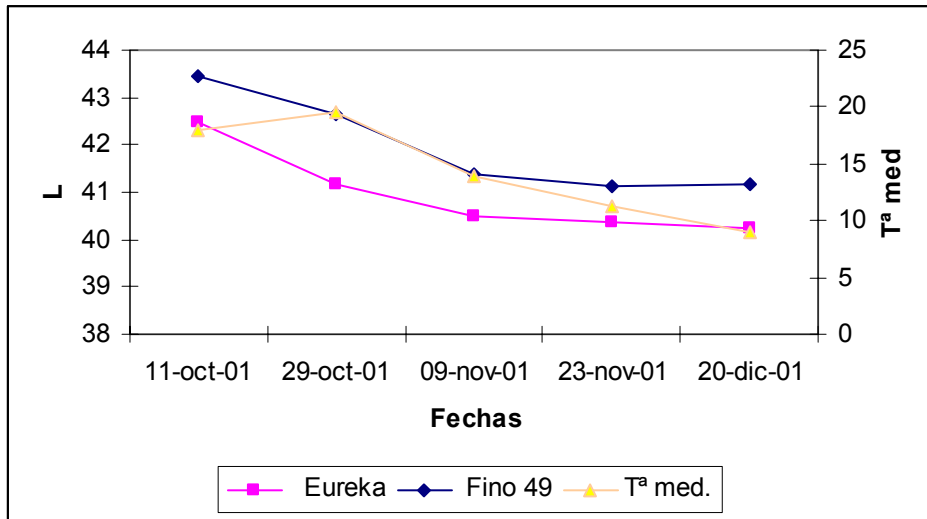
**Tabla 4.81.:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de  $T^a$  med, con **L** interno de las variedades y clones estudiados.

| Correlaciones lineales | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka  | Lisbon  |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Corr. Año 2001         | 0,7319  | 0,6947  | 0,7986  | 0,8748  | 0,6778  | 0,7643  | 0,7410  |
| Corr. Año 2002         | 0,7866* | 0,7607* | 0,6663  | 0,8342* | 0,7456* | 0,7141* | 0,7565* |

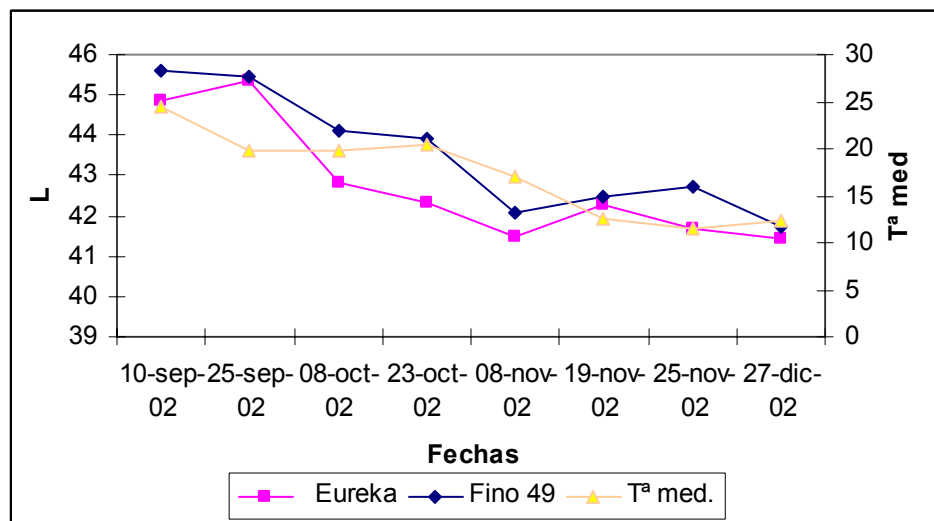
\* Nivel de significación,  $P > 95\%$



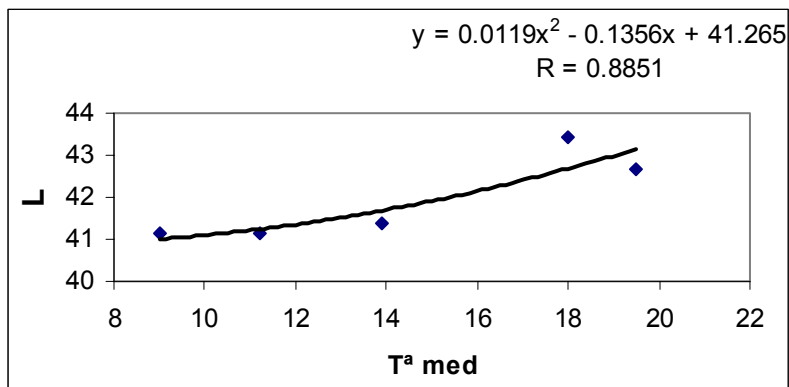
**Figura 4.129.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



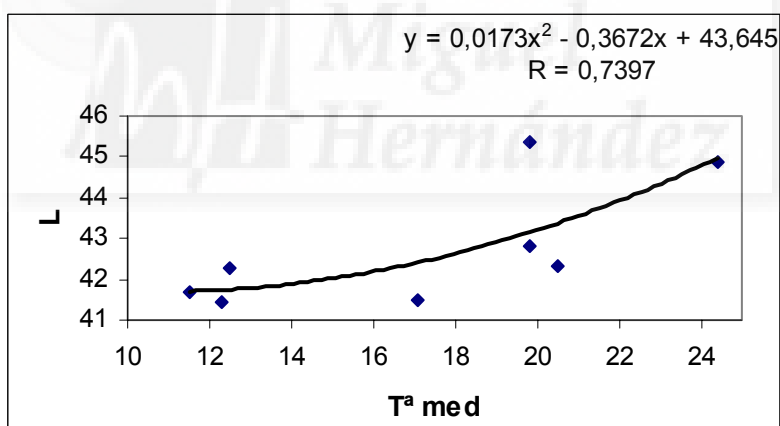
**Figura 4.130.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002



**Figura 4.131.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el parámetro L del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.132.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el parámetro L del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002.



#### 4.6.2.2.- Parámetro a

La evolución del parámetro externo a interno para Eureka y Fino 49 en comparación con la Tª media puede observarse en los Figuras 4.133 y 4.134, siendo su comportamiento semejante en todas las variedades y clones.

En la Tabla 4.82 puede observarse que los coeficientes de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los periodos estudiados con el parámetro a de color interno, se desprende

que las correlaciones son en general más bajas que  $a$  exterior, siendo la mayor la variedad Lisbon en el 2002 con 0.9427 y la menor el clon Fino 47 en el 2001 con 0,4536. En la Tabla 4.83 se observa que las correlaciones lineales son algo inferiores a las anteriores, teniendo solamente un nivel de significación mayor al 95% todos los clones y variedades estudiadas del año 2002, pero no en el 2001.

En el mes de septiembre del 2002 (Figura 4.134) el descenso de temperaturas produce un ligero aumento, en general de medio punto en el valor del parámetro  $a$ . En octubre, a pesar que sube un grado la temperatura, entre la primera y segunda lectura, no afecta para el mayor aumento de este parámetro respecto al mes anterior. La disminución en cuatro grados a lo largo del mes de septiembre, sigue afectando en el mes de octubre, que varía poco su temperatura respecto los datos tomados de finales del mes anterior.

En el mes de noviembre el aumento progresivo del parámetro  $a$  es un poco mayor que en el mes anterior y el descenso de las temperaturas medias en este mes es de casi siete grados más respecto al mes anterior (Tablas 4.70 y 4.71).

En el mes de diciembre, en el año 2001 (Figura 4.133), desciende el valor de  $a$  ligeramente, y aumenta ligeramente en el año 2002 (Figura 4.134).

La evolución del parámetro  $a$  con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidas a los realizadas con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

Las Figuras 4.135 y 4.136 muestran las mejores correlaciones polinomiales entre la  $T^a$  media y el parámetro  $a$  en el año 2002 con Eureka y Fino 49

**Tabla. 4.82:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de  $T^a$  med, con  $a$  interno de las variedades y clones estudiados.

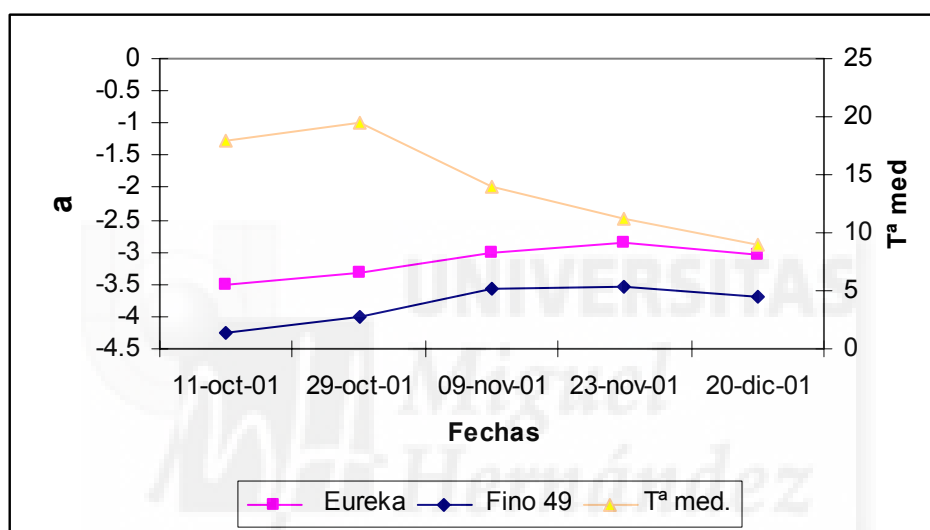
| Correlaciones Polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,4569  | 0,4536  | 0,6792  | 0,8179  | 0,6568  | 0,8501 | 0,6064 |
| Corr. Año 2002            | 0,9211  | 0,8487  | 0,6815  | 0,8503  | 0,7736  | 0,9390 | 0,9427 |

**Tabla.4.83:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de  $T^a$  med, con  $a$  interno de las variedades y clones estudiados.

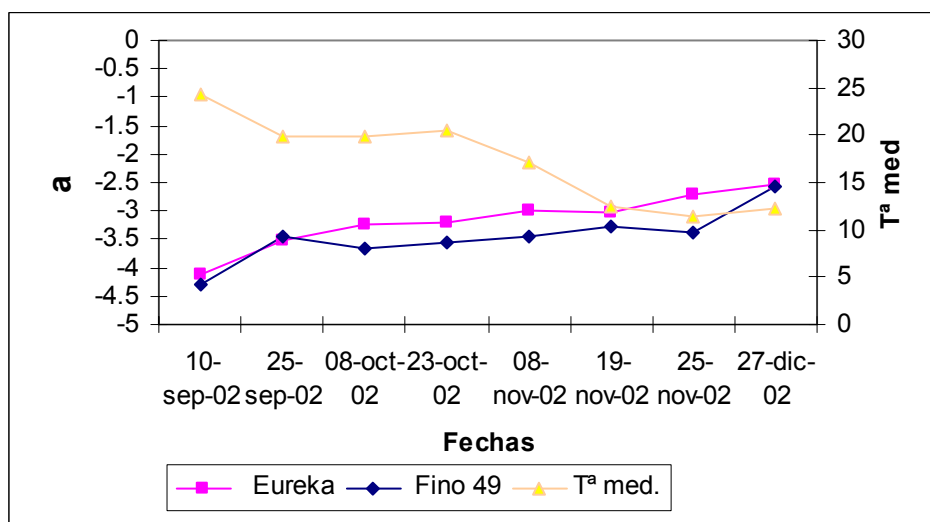
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48 | Fino 49  | Fino 77  | Eureka   | Lisbon   |
|------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Corr. Año 2001         | -0,4502  | -0,2989  | -0,6109 | -0,7596  | -0,6011  | -0,8028  | -0,5759  |
| Corr. Año 2002         | -0,9204* | -0,8444* | 0,8238* | -0,8020* | -0,7552* | -0,8971* | -0,9207* |

\* Nivel de significación,  $P > 95\%$

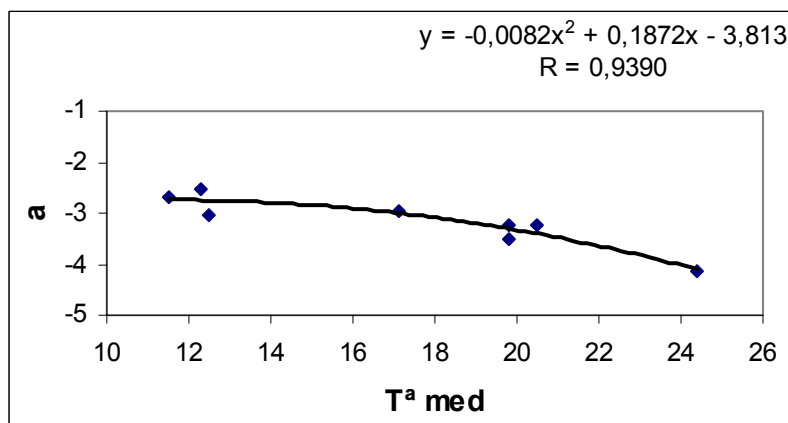
**Figura 4.133.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



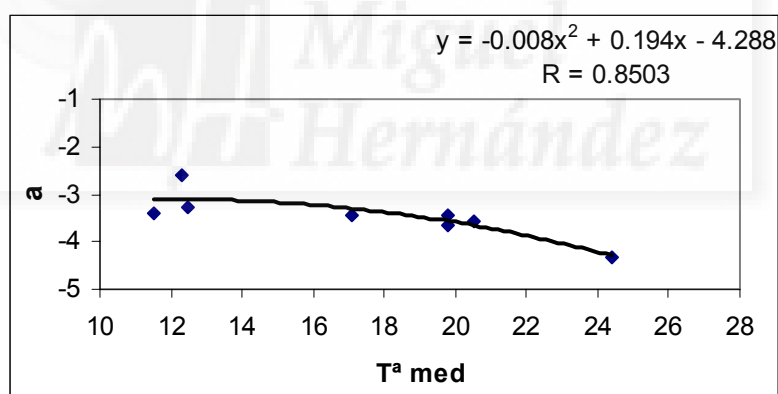
**Figura 4.134.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002



**Figura 4.135.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **a** del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002



**Figura 4.136.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  $T^a$  media con el parámetro **a** del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2002



#### 4.6.2.3.- Parámetro **b**

La evolución del parámetro interno **b** en Eureka y Fino 49 comparándolo con la  $T^a$  media puede observarse en los Figuras 4.137 y 4.138 siendo su comportamiento semejante en las demás variedades y clones.

De la observación de la Tabla 4.84 de los coeficiente de correlación de las regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el parámetro **b** de color interno, se desprende que

estas son en general más bajas que la **b** exterior, siendo la mayor en el clon Fino 49 en el 2001 con 0,8756 y la menor el clon Fino 77 en el 2001 con 0,4080. En la Tabla 4.85 las correlaciones lineales que se muestran, son algo inferiores a las anteriores, teniendo solamente un nivel de significación mayor al 95% las variedades Eureka y Lisbon del año 2002. En las Figuras 4.139 y 4.140 se muestran correlaciones polinomiales de Fino 49 en el 2001 y Fino 46 en el 2002.

La tendencia general del parámetro **b** es de ir disminuyendo ligeramente a lo largo de estos meses conforme bajan las temperaturas, teniendo en cuenta que esa disminución es de tan solo unos dos puntos como máximo, y que por lo tanto ese descenso es bastante pequeño y a efectos de la apreciación visual es inapreciable.

En el mes de septiembre la disminución de este parámetro es de un punto mientras que en el mes de octubre es un poco menor (Tabla 4.43). En noviembre el descenso de **b** muy pequeño, mientras que en el mes de diciembre, en el año 2002, el descenso es de más de un punto, no obstante en el año 2001 se produce un ligero aumento de este parámetro en este mes.

Los Figuras 4.137 y 4.138 comparan las temperaturas medias, con este parámetro para Eureka y Fino 49. La evolución del parámetro **b** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

Las Figuras 4.139 y 4.140 muestran las correlaciones polinomiales entre la T<sup>a</sup> media y el parámetro **b** de Fino 49 y Eureka. En todos los casos (Tabla 4.84) las correlaciones polinomiales están por debajo del 0,90.

**Tabla 4.84:** Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de T<sup>a</sup> med, con **b** interno de las variedades y clones estudiados.

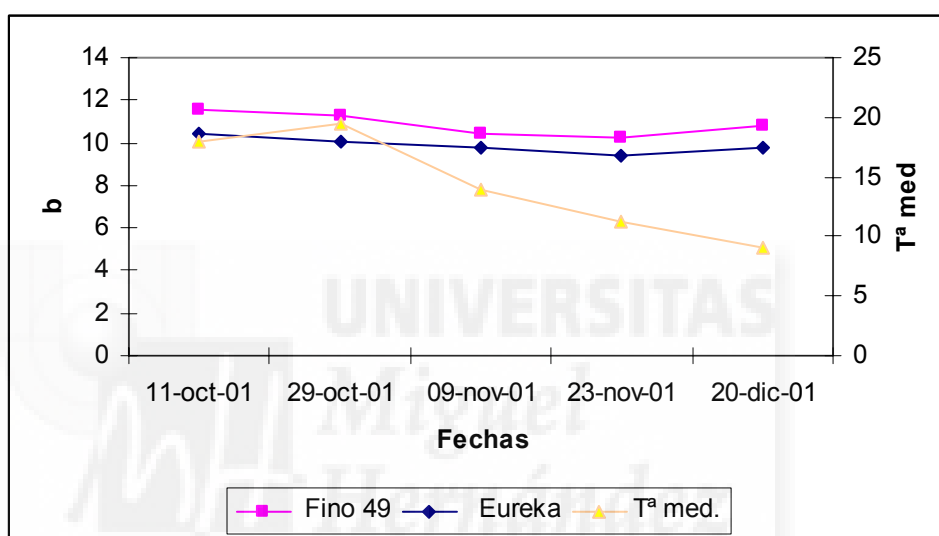
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,4382  | 0,6031  | 0,6619  | 0,8756  | 0,4080  | 0,7912 | 0,7134 |
| Corr. Año 2002            | 0,6941  | 0,4080  | 0,6665  | 0,5877  | 0,6203  | 0,8153 | 0,7932 |

**Tabla 4.85:** Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de  $T^a$  med, con **b** interno de las variedades y clones estudiados.

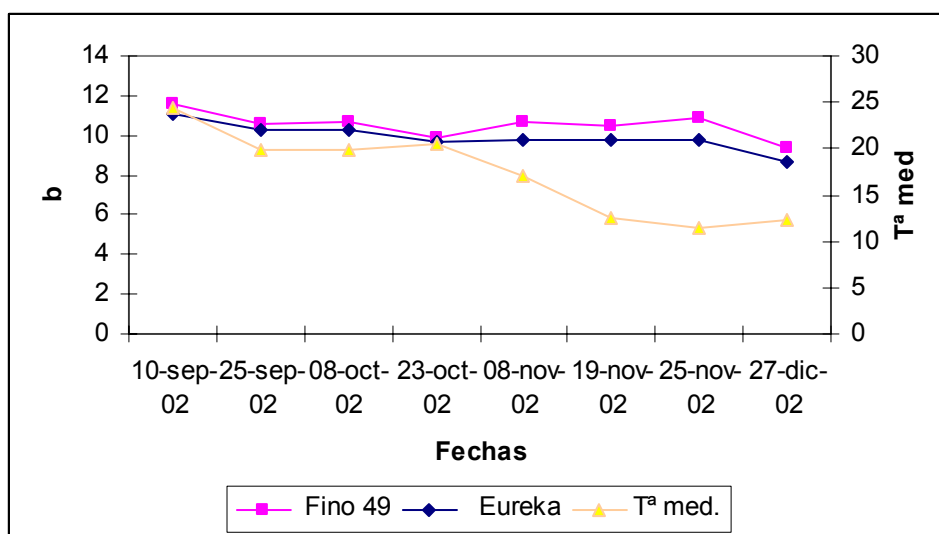
| Correlaciones lineales | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka  | Lisbon  |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Corr. Año 2001         | 0,3608  | 0,8251  | 0,6541  | 0,7519  | 0,3243  | 0,7568  | 0,4898  |
| Corr. Año 2002         | 0,4829  | 0,4974  | 0,4600  | 0,4271  | 0,4904  | 0,7656* | 0,7253* |

\* Nivel de significación,  $P > 95\%$

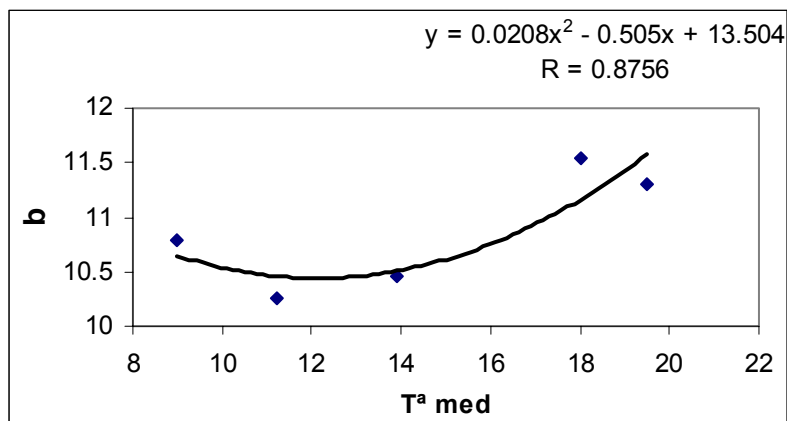
**Figura 4.137.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



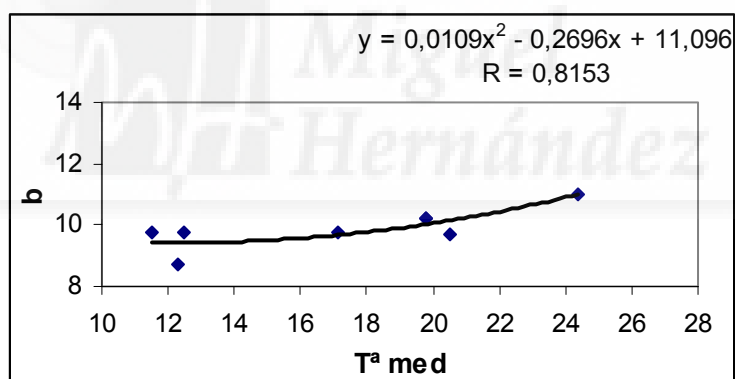
**Figura 4.138.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002



**Figura 4.139.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la T<sup>a</sup> media con el parámetro **b** del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2001



**Figura 4.140.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la T<sup>a</sup> media con el parámetro **b** del color interno del clon Eureka en los meses estudiados de 2002



#### 4.6.2.4.- Índice Ic

La evolución del Índice interno **Ic** en Eureka y Fino 49 comparándolo con la T<sup>a</sup> media puede observarse en los Figuras 4.141 y 4.142 siendo su comportamiento semejante en todas las demás variedades y clones.

Del estudio de la Tabla 4.86 de los coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el Índice **Ic** de color interno, se desprende que las correlaciones



son en general más bajas que la **Ic** exterior, siendo la mayor en la variedad Lisbon en el 2002 con 0.9816 y la menor el clon Fino 49 en el 2001 con 0,1913.

En la Tabla 4.87 las correlaciones lineales, son algo inferiores a las anteriores, teniendo solamente un nivel de significación mayor al 95% solo en el año 2002, las variedades Eureka y Lisbon y todos los clones de ese año menos el Fino 49. En las Figuras 4.143 y 4.144 se muestran correlaciones polinomiales de Fino 49 en el 2001 y Eureka en el 2001.

La tendencia general es un ligero aumento del Índice **Ic** a lo largo de estos meses conforme desciende la temperatura, teniendo en cuenta que este aumento es de menos de un punto y por lo tanto el efecto es bastante pequeño y a efectos de la apreciación visual es inapreciable.

En el mes de septiembre hay un ligero aumento en el 2002 mientras que en el mes de octubre aumenta algo más en el 2001 que en el 2002. En noviembre el aumento de **Ic** es mayor en el 2001 que en 2002 que es más pequeño. Lo mismo pasa en el mes de diciembre.

Los Figuras 4.141 y 4.142 comparan las temperaturas medias, con este parámetro para Eureka y Fino 49. La evolución del Índice **Ic** con las temperaturas mínimas, son bastantes parecidos a los realizados con las temperaturas medias, por lo que no se incluyen aquí, y pasan a formar parte del Anejo N° 2.

Las Figuras 4.143 y 4.144 muestran las correlaciones polinomiales entre la  $T^a$  media y el índice **Ic** de Fino 49 y Eureka donde se observa que la evolución de este índice es al contrario varía de uno a otro, lo cual es normal, dado que al ser las variaciones del **Ic** en ambos casos tan pequeñas pueden variar en un sentido a otro indistintamente dependiendo del año. Podemos decir que este índice se mantiene bastante constante en el periodo de tiempo estudiado en todos los clones y variedades. Como puede verse en la Tabla 4.87, en bastantes casos los coeficientes de correlaciones lineales están por debajo del 90%.

**Tabla 4.86.** Coeficiente de correlación de regresiones polinómicas de orden dos, de las variaciones de Tª med, con Ic interno de las variedades y clones estudiados.

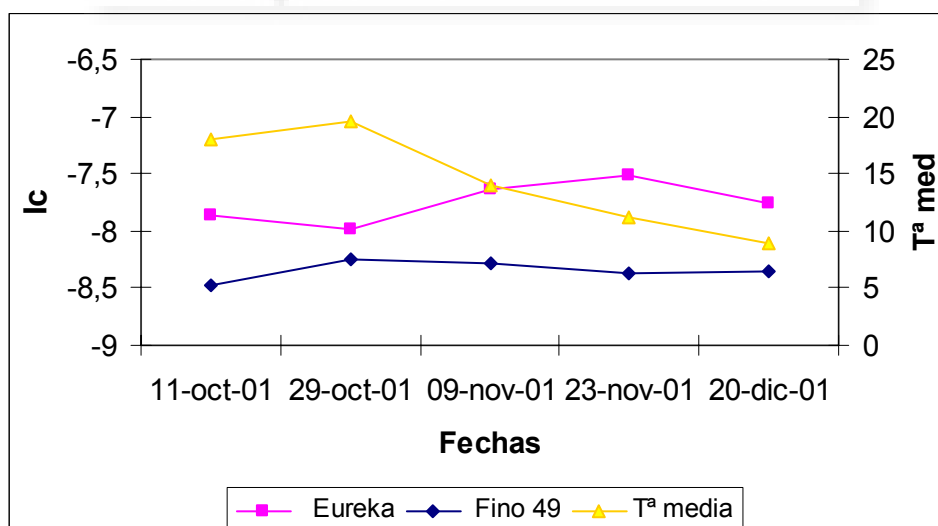
| Correlaciones polinómicas | Fino 46 | Fino 47 | Fino 48 | Fino 49 | Fino 77 | Eureka | Lisbon |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Corr. Año 2001            | 0,3716  | 0,3826  | 0,9716  | 0,1913  | 0,8828  | 0,9475 | 0,4413 |
| Corr. Año 2002            | 0,9310  | 0,7761  | 0,8328  | 0,7598  | 0,8046  | 0,9223 | 0,9816 |

**Tabla 4.87.:** Cociente de correlaciones lineales, de las variaciones de Tª med, con Ic interno de las variedades y clones estudiados.

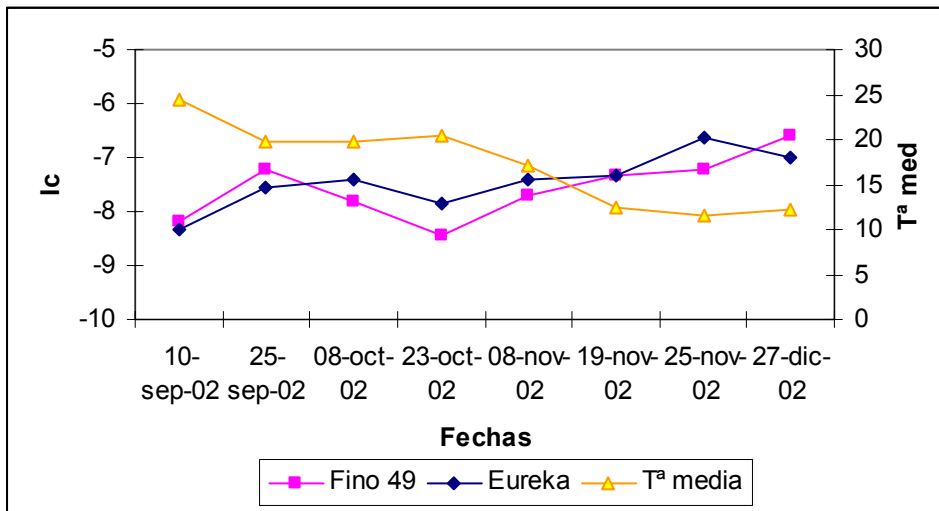
| Correlaciones lineales | Fino 46  | Fino 47  | Fino 48  | Fino 49 | Fino 77  | Eureka   | Lisbon  |
|------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| Corr. Año 2001         | -0,2732  | 0,1455   | 0,5749   | 0,1072  | 0,0768   | -0,7400  | -0,4215 |
| Corr. Año 2002         | -0,8833* | -0,7583* | -0,8257* | -0,7545 | -0,7927* | -0,9094* | 0,9816* |

\* Nivel de significación, P>95%

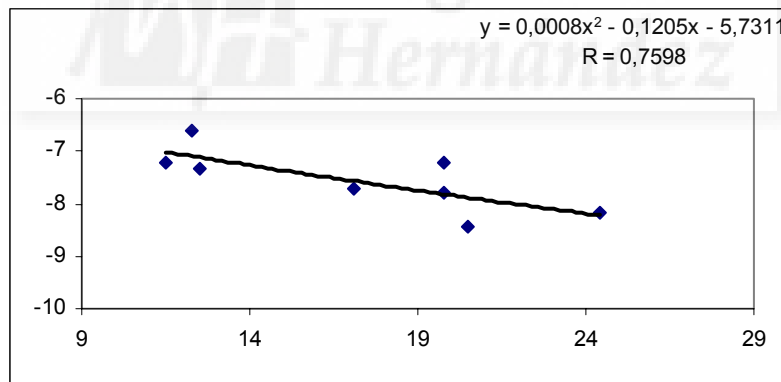
**Figura 4.141.:** Evolución de los valores medios del Índice Ic interno de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.



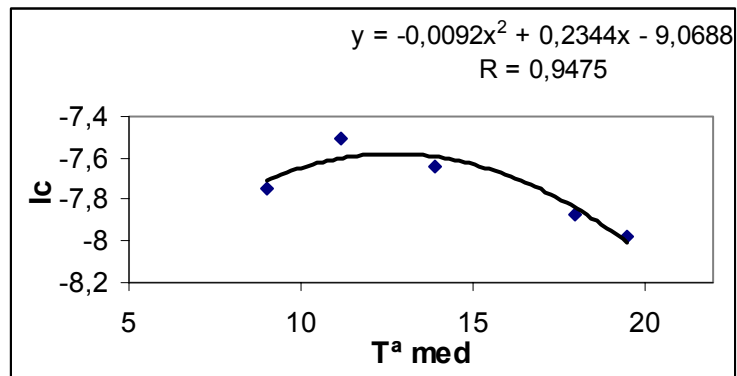
**Figura 4.142.:** Evolución de los valores medios del Índice **Ic** interno, de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002



**Figura 4.143.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la Tª media con el Índice **Ic** del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2002



**Figura 4.144.:** Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la T<sup>a</sup> media con el parámetro **Ic** del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001



## **5.-DISCUSIÓN**



## 5.- DISCUSIÓN

### **5.1.-EVOLUCIÓN DE LA COLORACION DEL POMELO**

Como consecuencia de ser datos procedentes de la parcela del IMIDA situada en La Alberca (Murcia), algunos de los mismos mostrados en los resultados son en cierta manera coincidentes con los obtenidos por Porras (1993) y Conesa (1999), aunque siempre hay variaciones de un año respecto a otro, por efecto de las condiciones climáticas, de la dotación y calidad del agua de riego, etc. Por otro lado, Porras (1993) solo mostraba el color de frutos de árboles recién plantados de las variedades Río Red, Ray Ruby y Henderson, presentándolos como preliminares, mientras que Conesa (1999) como un parámetro más de calidad, sin hacer un estudio exhaustivo de los índices colorimétricos ni de la apreciación visual con los demás parámetros.

#### **5.1.1.- Evolución del color externo**

El parámetro **L** tiende a evolucionar hacia valores más claros o luminosos conforme madura el fruto. Los datos obtenidos en los cuatro años muestran la tendencia a aumentar su valor de noviembre a marzo en todas las variedades, distinguiéndose las variedades más blancas y rosadas, Marsh, Redblush y Henderson, con valores más elevados, mientras que las variedades rojizas Río Red, Star Ruby y Ray Ruby, tienen valores más bajos lo que coincide con Conesa (1999).

El parámetro **a** suele pasar de valores negativos (verde) a valores positivos (rojos) (Porras, 1993; Conesa, 1999). En noviembre las variedades tienen valores negativos de este parámetro, excepto Star Ruby y Río Red, que son positivos, para pasar en enero a valores menos negativos en las variedades más blancas y rosadas y, a valores más positivos en las variedades rojizas Star Ruby y Río Red. Sin embargo en marzo hay una tendencia a disminuir sus valores ligeramente en todas las variedades.

El contenido de clorofilas en la corteza del pomelo es máxima en octubre (Porras, 1993), disminuyendo drásticamente en el mes de diciembre, permaneciendo después estable el parámetro **a** en las variedades Marsh y Redblush lo que coincide con nuestros resultados.

El parámetro **b** presenta valores positivos (amarillos) en todas las fechas de tratamiento (Conesa, 1999). En los datos estudiados de todas las variedades se aprecia que hay una tendencia general a aumentar al valor de este parámetro a lo largo del tiempo. El salto térmico que se produce en noviembre (diferencia de temperatura entre el día y la noche), provoca la degradación de clorofilas y la expresión de los carotenos presentes en la corteza del fruto en las variedades rosadas (Porras, 1993). Los más amarillos son las variedades con los valores más elevados, caso de las variedades Marsh, Redblush y Shambar, y los más bajos son Star Ruby y Río Red, siendo Henderson una variedad intermedia.

En general en los meses de noviembre, presentan diferencias significativas el siguiente grupo de variedades: Marsh, Redblush y Shambar, con el grupo de Ray Ruby y Henderson y estos a su vez con Río Red y Star Ruby.

En los meses de enero hay una tendencia a formar tres grupos: un grupo, Marsh (el más amarillo), otro (Redblush, Shambar, Henderson y Ray Ruby) y un tercero el de Río Red con Star Ruby mientras que en el mes de marzo, el primer grupo y el segundo grupo anterior tienden a agruparse.

La tendencia del índice de color externo **Ic** así como del cociente **a/b** es a aumentar de noviembre a enero (como consecuencia de la degradación de clorofilas) (Porras *et al.*, 1993) y a descender ligeramente en marzo, debido a la influencia del parámetro **a** que está en el numerador de ambas fórmulas y en marzo disminuye un poco durante este período, lo que nos indica que la coloración máxima se sitúa en el mes de enero (Porras *et al.*, 2000).

Dinar *et al.*, (1976), hace un índice relativo de color para pomelo Marsh en Florida, por pura apreciación visual de 1 a 4, donde los valores más bajos son para los pomelos amarillos y el 4 un fruto amarillo pálido con tonos verdes alrededor. Sus valores muestran una mejora de la coloración a partir de noviembre, alcanzando el color amarillo intenso en el mes de mayo. Sus datos muestran en enero un color amarillo con distintas trazas de verde. En nuestro caso esas trazas de verde permanecen en enero en la mayoría de las variedades, excepto en las rojizas Río Red y Star Ruby.

Nuestros datos muestran una coloración muy similar del pomelo Redblush con el Marsh en los meses de noviembre y en enero, coincidente con los de Porras *et al.*, (2000) y Conesa (1999), que tampoco da diferencias claras entre estas dos variedades en

los meses de noviembre y enero. Hay que tener en cuenta que en Redblush a partir de noviembre, las escasas manchas rojizas de la corteza, desaparecen casi totalmente y solo se aprecia un contorno decolorado, por lo que el color externo de Marsh y Redblush es muy parecido.

Nuestros datos de la evolución de **Ic** en Star Ruby en estos meses es semejante (Martínez Valero, 2001) al hallado sobre otros patrones (*C. macrophylla* y Citrange Carrizo).

Por lo que respecta al color externo de las variedades en los meses de noviembre se observan en general tres grupos que muestran diferencias significativas entre sí: las blanco rosadas: Marsh, Redblush, Shambar y Henderson, el grupo formado por Star Ruby y Río Red, que dependiendo del año plantea algunas diferencia entre ellos, y la variedad Ray Ruby intermedia entre los dos grupos pero más próxima al primero.

En los meses de enero, se plantean más diferencias entre las variedades, así, la variedad Marsh, tiene en general diferencias significativas con el grupo formado por Redblush, Shambar y Henderson. En observaciones de campo, si se aprecian diferencias entre Marsh y las restantes variedades pigmentadas, sobre todo cuando dos o más frutos están en contacto, ya que se percibe una decoloración característica en la superficie de contacto de los frutos, como hemos mencionado anteriormente, pero difícilmente medible con el colorímetro. Por otra parte la forma que se distribuyen las manchas de los “rojos” en Star Ruby es distinta a las de Río Red. La distribución en esta variedad va por manchas y además más intensa en la zona peduncular que ecuatorial (que es donde medimos), sobre todo antes de alcanzar la desverdización natural a partir de mediados de noviembre, mientras que en Star Ruby su distribución es bastante uniforme por todo el fruto.

El índice **a/b** obtenido es algo inferior al obtenido por Porras *et al.*, (1996), en Star Ruby y Río Red y similar en las otras variedades.

Nuestros frutos al igual que los de Arizona (Rygg and Getty, 1955) muestran su máxima coloración a finales de noviembre y son similares a los Redblush de Texas (Cruse and Brown, 1983).

La correspondencia entre los “colores,” (tonos) que se obtienen a partir de los índices de color de Jiménez Cuesta *et al.*, (1981), se corresponden con los obtenidos por estos autores, aunque ellos en su trabajo se refieren a variedades de satsumas y



clementinas y a colores naranjas, mientras que en el pomelo van más hacia el rojo que al naranja. Los valores de **L** en clementinas, son más oscuros que en el pomelo y las **b** bastante más bajas, llegando en algunos casos a la tercera parte. El parámetro **a** tiene valores similares, por lo que teniendo índices similares los “colores” son distintos: ellos se mueven en los naranjas y los pomelos en los rojos.

Las variaciones de licopeno en las variedades pigmentadas, que son las responsables del color rojo de los frutos, en los meses de invierno pueden ser relativamente elevadas (Sinclair, 1972; Tribulato y La Rosa, 1983; Huff *et al.*, 1986), pero en otras ocasiones pueden ser pequeñas (Issa and Mielke, 1980, Stein *et al.*, 1986), aunque siempre hay algo de pérdidas (Hensz, 1978 y 1985) por las bajas temperaturas, lo que se refleja en una bajada del índice  $a/b$  y **Ic**, mientras que a partir de marzo los valores de nuevo se incrementan (Huff *et al.*, 1986). Los máximos contenidos de licopenos se obtienen a finales de agosto (Purcell, 1959; Ting and Deszyck, 1957)

El croma no se utiliza en cítricos, quizás debido a que el parámetro **a** al tener valores negativos o positivos próximos a cero, en algunas ocasiones falsea los resultados al elevarlo al cuadrado. En este trabajo se observa que el Croma aumenta conforme van madurando los frutos, y nos da diferencias significativas como en el caso de los índices anteriores, distinguiéndose entre las variedades más claras de las más rojizas. Sólo en el trabajo de Artés *et al.*, (1997), se le ha visto utilizarlo y además en el espacio de color CieLab, y para Río Red. Es posible que si se utilizara solo con variedades rojas y con valores **a** siempre positivos ó en variedades de naranja y clementinas que tengan su color característico también positivo podría llegar a emplearse.

Algo similar le ocurre al índice **H**, que debido a los valores negativos de **a** en todas las variedades excepto las rojizas Star Ruby y Río Red separa claramente las unas de las otras, pero en las variedades con **a** negativo los valores de **H** son bastante parecidos, por todo ello no tiene sentido su utilización en citricultura.

La saturación **S** como índice relacionado con la Claridad y el Croma, tiene comportamiento semejante a este último por estar en la fórmula en el numerador y como éste no se ha utilizado en cítricos, ni vemos que lo pueda tener.

La luminosidad **Q**, es por su fórmula matemática un índice relacionado con **L**, por lo que muestra un ligero aumento de los valores de este índice a lo largo de los

meses estudiados en todas las variedades. Este índice amortigua las diferencias absolutas de sus valores entre variedades a diferencia del parámetro **L** en el que sus diferencias absolutas son mayores. No hemos encontrado trabajos que hablasen de la Luminosidad **Q** en los cítricos.

Las correlaciones entre la apreciación visual y los índices **a/b** e **Ic**, es alta, pero baja para el resto de los índices **S**, **C**, **H** y **Q**, estudiados. El que tiene la correlación más alta con la apreciación visual de estos índices es **Q**, que va aumentando su correlación de noviembre a enero, y en marzo sube o baja en función de los años estudiados. Esta diferencia de comportamiento entre noviembre y enero puede deberse a que en el mes de noviembre las diferencias del parámetro **L** entre las diversas variedades es menor que en el mes de enero, por lo que la percepción visual del ojo humano no llega a distinguir las diferencias de luminosidad, aunque si integra los tres parámetros que nos da el aparato.

### **5.1.2.- Evolución del color interno**

Respecto al parámetro **L**, sus valores tienden a variar poco a lo largo del tiempo en el periodo de noviembre a marzo, manteniendo una tendencia homogénea en todas las variedades, a diferencia de los datos aportados por Conesa (1999) y Martínez Valero (2001), donde este parámetro tienden a bajar ligeramente con el tiempo, pero su tendencia es a estabilizarse desde enero, lo que ya si coincide con nuestros datos.

Los valores de **L** oscilan entre 28,22 de Star Ruby en noviembre de 2001 al más alto de la variedad Marsh con 43,12 en noviembre del 2000. Esto nos indica que en estas variedades el interior es algo "apagado", menos "luminoso" que el parámetro **L** externo, cuyos valores están en torno de 70-78. Los valores de **L** interno en noviembre coinciden con los datos de Conesa (1999), pero son algo más elevados que los obtenidos por Martínez Valero (2001).

En general hay diferencias significativas entre los grupos de variedades, la blanca Marsh, las rosadas: Redblush, Shambar y Henderson y las rojizas Ray Ruby y Río Red, que dependiendo de los años están agrupadas o plantean diferencias significativas entre sí, mientras que Star Ruby muestra un comportamiento diferente a estas dos.

En el parámetro **a** se aprecia que se mantiene el valor medio en los cuatro años, y que los valores más verdes (negativos) los tienen las variedades blancas y rosadas y los valores positivos (sin verde) los tienen las variedades rojizas.

El parámetro **a** salvo en el caso del Marsh todos son positivos en noviembre, Conesa (1999), mientras que vuelven a ser negativos en esta variedad en enero junto con Redblush en los años 2000 y 2003. Hay una pérdida de coloración durante la maduración (Conesa, 1999; Ting *et al.*, 1980), debido a una disminución del parámetro **a** a lo largo del tiempo, tanto en pomelo Marsh como en Redblush, Shambar y Ray Ruby, como consecuencia de la degradación de los licopenos.

En cuanto al parámetro **b** sus valores oscilan en una banda de valores (11,01 a 6,94), al igual que Conesa, (1999) En el diagrama cromático oscilan entre tonos con valores grises amarillentos bastante parecidos entre sí; es decir, en valores absolutos este parámetro varía poco, aunque luego si hay diferencias significativas entre las distintas variedades, lo que nos indica que son muy homogéneos los valores de este parámetro en los frutos dentro de cada variedad. A diferencia de los valores de **b** externo estos valores de **b** interno vienen a ser la cuarta parte o quinta parte de aquellos (Martínez Valero, 2001, Conesa, 1999).

El valor de **a/b** viene a ser de al menos de 3 a 4 veces superior en Star Ruby que en las otras variedades. El signo negativo del valor de algunas variedades (Marsh y Redblush) nos indica la influencia en este índice del signo negativo del parámetro **a** cuando tiene tonos verdosos. Nuestros valores vienen a coincidir con los ofrecidos por Porras *et al.*, (1996).

Las tendencias en Star Ruby y Redblush (Ting *et al.*, 1980) son similares a las nuestras pero los valores que presentan estas dos variedades son algo distintos a los aquí presentados, quizás como consecuencia de la utilización de distinto aparato y al iluminante empleado y son semejantes para **a/b** en el mes de marzo.

El color de la pulpa, expresado como **a/b** también disminuye a lo largo del periodo de maduración en diversas variedades (Stein *et al.*, 1986). Hensz (1978), asocia el color rojo de los frutos del pomelo al contenido de licopeno, que disminuye a lo largo del tiempo. En nuestro caso el índice **a/b** y el índice de color **Ic** han disminuido un poco de noviembre a marzo en casi todas las variedades en los cuatro años. La

separación de variedades a partir de los datos de color interno viene a coincidir con los resultados de Conesa (1999) y Porras *et al.*, (2000).

La mayor parte de los trabajos de coloración se refieren en general a variedades rosadas y principalmente a la variedad Redblush, que ha sido una de las variedades cultivadas más importantes del mundo, dentro del grupo de las pigmentadas. Cruse and Brown (1983) hacían notar que la coloración interna de esta variedad decrecía a lo largo del tiempo. En el estudio realizado se ve la tendencia a la pérdida de color interno en el fruto según avanza la maduración.

El índice de color propuesto por Jiménez Cuesta *et al.*, (1981) (**Ic**) se hizo para la corteza del fruto y los estudios se hicieron en clementina de Nules y Oroval y la naranja Navel Thompson. Porras (1993) comenzó a utilizarlo en pomelo para medir la coloración interna y posteriormente se ha seguido utilizando en trabajos posteriores (Porras *et al.*, 1997 y 2000; Conesa, 1999; Conesa *et al.*, 1999), pero no correlacionan la apreciación visual con ningún índice ni con contenidos de licopenos o carotenos.

Los valores obtenidos del índice de color interno **Ic** para pomelo basados en la fórmula de Jiménez Cuesta *et al.*, (1981) son bastante superiores a los de frutos externos. Los tonos internos que vemos no se corresponden con los tonos externos de los mencionados autores, debido a que el valor **L** externo es casi el doble que el interno (la banda de valores del setenta a cerca de ochenta frente valores de entre treinta y cuarenta y dos aproximadamente); en el **a** (mucha disparidad, según si el fruto ha desverdizado o no) y en **b** casi la cuarta parte (entre treinta y cuarenta y dos frente ocho y diez aproximadamente), por lo que un índice externo alto, puede ser de 3,38 de **Ic** externo en Star Ruby mientras que el interno puede ser de 41,95 y no por eso el “rojo” interno es 12 veces “más rojo” que el externo. Son índices relativos, que la experiencia al haber trabajado mucho con ellos en las diferentes variedades nos dicen “mentalmente” que color tiene en función del índice obtenido a partir de un colorímetro.

Los otros índices tales como el Cromo **C**, **H**, Saturación **S** y luminosidad **Q** no hemos encontrado trabajos que hablen de estos en los frutos cítricos, solo el **C** y externo en Artés *et al.*, (1997).

En el Cromo **C**, se aprecia claramente, que hay una manifiesta diferencia entre el Star Ruby y el resto de las variedades. Como se observa la tendencia es a aumentar de forma paulatina a lo largo del tiempo, en todas las variedades. Esto sucede porque se enmascara el valor negativo (verdes) del parámetro **a** al elevarse este al cuadrado en la

fórmula y por lo tanto suma y no resta, lo cual nos enmascara la evolución del **a** por lo que lo hace poco utilizado en cítricos.

El índice **H** muestra una clara tendencia en valores negativos en la variedad Marsh, y el resto de las variedades que tienen valores positivos, excepto Redblush que tiene valores positivos o negativos en enero, siendo la media de varios años positiva.

La saturación **S** en el estudio realizado se pone de manifiesto, que hay una notable diferencia entre el Star Ruby y el resto de las variedades como sucede en el Croma, siendo también su tendencia a aumentar ligeramente. Tiene comportamiento semejante a este último por estar en la fórmula en el numerador y como éste no se ha utilizado en cítricos.

La luminosidad **Q**, interna es notablemente mayor que el **L** interno pero su comportamiento es semejante a éste. Este índice amortigua las diferencias absolutas de sus valores entre sus variedades a diferencia del parámetro **L** en el que sus diferencias absolutas son mayores. No hemos encontrado tampoco trabajos que hablen de la Luminosidad **Q** interna en los cítricos.

Las correlaciones entre la apreciación visual y los índices **a/b** e **Ic**, es alta, y un poco más alta que la correlación exterior mencionada anteriormente. Pero es baja para el resto de los índices **S**, **C**, **H** estudiados excepto el **Q**, que mejora su correlación con respecto a la apreciación visual en el exterior siendo en general superior a 0,90.

Tanto los parámetros **L**, **a** y **b**, como el índice **a/b**, citados en la escasa literatura norteamericana no son muy coincidentes con los nuestros debido, por una parte a que no se utiliza el mismo aparato, ni se sabe el iluminante que utilizan, ni las condiciones internas del aparato, etc, y por otra parte, la forma de cultivo, climatología etc, aunque la tendencia general es similar (Ting *et al.*, 1980).

El que la correlación lineal de la apreciación visual con **a/b** y **Ic** no sea aun más alta puede estar influida por la falta de adecuación y entrenamiento de los candidatos a catadores al color rojo y en especial al amarillo, donde sobre todo la confusión cromática es elevada (Galán y Ruiz, 2002), lo que nos indica la capacidad del ojo humano para distinguir los colores.

Visualmente en pomelo si se pueden distinguir las variedades y separarla en grupos (Porrás *et al.*, 2002).

## **5.2.- LIMÓN**

### **5.2.1.- Evolución del color externo**

#### **5.2.1.1.- Evolución del color externo de las variedades y clones de limonero sobre patrón naranja amargo**

Durante el periodo III (maduración) del desarrollo de los frutos, descrito por Bain (1958), hay un cambio drástico del color de la corteza que pasa del verde al amarillo. En este epígrafe, estudiamos los distintos parámetros colorimétricos que medimos por reflexión, de la corteza de los frutos de limonero.

La evolución del parámetro **L**, en todos los clones y variedades de limonero, es creciente a lo largo del tiempo y comienza a partir del muestreo del 10 de septiembre, experimentando un mayor incremento en el periodo de tiempo comprendido entre el 8 de octubre y el 25 de noviembre. Posteriormente sigue aumentando su valor, pero de forma no tan acusada, hasta finales de diciembre. Los valores para un mismo clon o variedad son bastante similares en los dos años a los de Robles (2003), pero ligeramente más bajos que los apuntados por García Lidón (2003).

La evolución del parámetro **a** es un poco decreciente (por lo que aumentan los verdes, verde más intenso) hasta los muestreos de finales de octubre de los dos años, para experimentar un incremento notable en los siguientes muestreos (valores menos negativos), indicando con ello, que comienzan a disminuir los “verdes,” para a partir de finales de noviembre tener un incremento más moderado, es decir hacia los tonos “verdosos” que van estabilizando sus valores. Los valores de **a** de los clones y variedades, son muy parecidos en cada una de las fechas tomadas en los dos años, es decir todos tienen tonos de color del parámetro **a** semejantes en cada fecha. Las diferencias significativas existentes entre clones y variedades son a nivel más matemático que práctico, ya que los valores en cada uno de los muestreos son muy parecidos en todos los clones y variedades estudiados, lo que nos viene a indicar que los tonos de color de este parámetro son semejantes en cada fecha en todos los clones y

variedades (Robles 2003), mientras García Lidon (2003) da unos valores verdes menos intensos (influido por el año y el momento preciso de la recolección).

La evolución del parámetro **b** externo es creciente a lo largo del tiempo (lo que nos indica la intensificación del color amarillo), en todos los clones y variedades de limonero, aumentando los tonos amarillos de valores de 21 y 23 a valores de 36 y 40 en diciembre, tendiendo a estabilizarse en este mes. Análogamente como en el parámetro **a**, los valores de los clones y variedades, son muy parecidos en cada una de las fechas tomadas en los dos años, es decir todos tienen tonos de color del parámetro **b** semejantes en cada fecha. Tanto en *C. macrophylla* como en naranjo amargo (García Lidón, 2003), los valores son semejantes a los nuestros.

Análogamente a los parámetros **a** y **b**, la evolución del índice **a/b** es creciente a lo largo de los muestreos tomados, en todas las variedades y clones, destacando un incremento más acusado entre finales de octubre y finales de noviembre (Robles, 2003).

El índice **Ic** tiene una evolución en el tiempo semejante al índice **a/b**, incrementado sus valores de forma acusada hasta finales de noviembre, para como en el caso de **a/b** aumentar ligeramente su valor en el mes de diciembre. Los valores obtenidos son similares a los aportados por García Lidon (2003) en el mes de noviembre.

Así como los dos índices anteriores, con sus valores negativos y positivos nos indican la evolución del color de los limones en los diferentes muestreos realizados en el tiempo, con el Cromo **C** no es así, como hemos comentado ya anteriormente en pomelo, por las características de su fórmula, nos muestra en este caso, tan solo un incremento de sus valores, en el tiempo, por lo que no parece interesante su empleo en el estudio del color en limones.

De manera similar sucede con el índice **H**, en este caso, su fórmula de arcotangente **b/a** no nos refleja una evolución del color en el tiempo lo suficientemente clarificadora.

El índice **S** por tener en su fórmula el Cromo también nos enmascara la evolución del color en el tiempo, por lo que tampoco parece interesante para estudio del color en limones.

La luminosidad **Q** es un índice que nos indica la evolución de la claridad **L** en el tiempo con más sensibilidad que este parámetro. Así, la **L** que nos refleja el aumento a lo largo del tiempo de la claridad en los muestreos tomados, no refleja el elevado

incremento que tiene  $Q$  en el transcurso del mes de noviembre. Es pues un índice más sensible que el parámetro  $L$  para evaluar la evolución en el tiempo de la claridad en limones.

Cámara *et al.*, (2003) al igual que en éste trabajo, estudiando la evolución del color externo en frutos de las variedades Eureka, Lisbon y Fino 49 concluye que no es posible diferenciar variedades ni por el índice de color ni por los parámetros  $L$ ,  $a$  y  $b$ .

#### **5.2.1.2.- Evolución del color externo de las variedades y clones de limonero sobre patrón *Citrus macrophylla***

El comportamiento de los parámetros e índices estudiados en el epígrafe anterior en el limonero sobre el patrón naranjo amargo, es muy semejante a los estudiados de limonero sobre *Citrus macrophylla*, por lo que se asumen las discusiones mostradas anteriormente y no se repiten de nuevo en este epígrafe. Ortiz *et al.*, (1986), tampoco mostraba influencia del portainjertos sobre el color de los frutos de limonero.

#### **5.2.2.- Evolución del color interno**

##### **5.2.2.1.- Evolución del color interno de las variedades y clones de limonero sobre patrón naranjo amargo**

La evolución del parámetro  $L$ , en todos los clones y variedades de limonero, es decreciente a lo largo del tiempo, dentro de un intervalo de valores bastante reducido (40-46), mientras que en el exterior de los limones los datos tomados están entre 50 y 80 lo que nos indica que existe una mayor claridad en el exterior que en el interior del fruto. En general, excepto el Fino 47 con valores más altos y Eureka con valores más bajos, los clones y variedades presentan valores similares. Datos similares obtiene García Lidon (2003) en los frutos de recolección comercial en el mes de noviembre.

Todos los valores del parámetro  $a$  son negativos, es decir, tienen tonos verdosos, pero al ser sus valores pequeños (entre -4 y -2), su tonalidad es gris verdosa (aunque el ojo no lo aprecia, Figura 1.10), siendo prácticamente la misma en todos los clones y variedades. Hay una tendencia progresiva a disminuir durante estos meses, el valor de los tonos verdes en todos los clones y variedades. Este tono verde es muy superior en la



corteza y con valores de **a** tres veces superiores a los de la pulpa del limón, por lo que la pérdida de tonos verdes (negativos) es mucho más acentuada en la corteza que en el interior de este. Nuestros valores son algo más verdosos que los referidos por García Lidón (2003).

Con el parámetro **b** no sucede lo mismo que en el parámetro anterior, ya que la evolución de los valores de **b** interno es ligeramente decreciente a lo largo del tiempo, pero dentro de un intervalo de valores bastante reducido 12 y 9 (en comparación con los valores de **b** externo), es decir disminuyen algo los tonos amarillos durante los meses estudiados, mientras que la corteza hay un incremento notable de amarillos de septiembre a noviembre. Valores similares a los nuestros obtiene García Lidón (2003).

La evolución del índice **a/b** interno nos indica que en los limones no varía prácticamente **a/b**, con valores próximos a -0,35 por lo que la Figura 4.54 nos muestra tal solo un ligero aumento de éste, pero no realmente la evolución de los tonos como hemos mencionado (Robles, 2003).

Lo mismo sucede con el índice de color **Ic** que muestra un ligero crecimiento de sus valores en los meses estudiados no reflejando la evolución de los parámetros **L**, **a**, **b**, en estos meses, cosa que no sucede en el **Ic** exterior, donde se observa la tendencia de crecimiento de la claridad y de los amarillos en el tiempo. Valores similares obtiene García Lidón (2003).

En cuanto a los índices **C**, **H** y **S**, tienen un comportamiento matemático semejante a de estos índices en la corteza del limón, por lo que no nos dan información clara de la evolución del color, es por lo que no parecen interesantes para cítricos.

La luminosidad **Q** en el interior del limón sus valores son como en el caso de este índice en el exterior mayores que el parámetro **L** lo cual refleja de una forma mas clara las variaciones de la claridad en el tiempo que el **L** con valores mas bajos. Es pues un índice que para el interior de los limones un poco más sensible que el parámetro **L** para el estudio de la claridad, al igual que sucedía con el externo. La luminosidad interna es a lo largo del otoño es decreciente.

En el limón no se aprecia diferencia de coloración entre variedades (Robles, 2003), tanto interna como externa. Esto puede ser debido a que hay confusión cromática muy alta y además clásica: verde-amarilla, amarillo, naranja y rojo (Galán y Ruiz 2002), por lo que hay grandes dificultades en la realización de las pruebas de ordenación del

color, más en la gama que nos movemos verde-amarillo que es precisamente la que más dificultades presenta, mientras que en pomelo al estar más en la gama de los rojos, la correlación con la apreciación visual es alta ya que la posible confusión cromática es más baja.

Al intentar medir la apreciación visual, para distinguir los clones y variedades por su coloración, se ha visto que es imposible por la escasa diferencia de coloración existente entre clones y variedades y además por la confusión cromática, ya comentada, de los amarillos y amarillo-verdosos (Galán y Ruiz, 2002).

### **5.3.- INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA EVOLUCIÓN DEL COLOR**

#### **5.3.1.- Influencia de la temperatura en la coloración del pomelo**

Casas y Mallent (1988a) recopilaron diversos factores que afectan a la coloración de los frutos cítricos, y entre ellos está, la temperatura. En pomelos los trabajos que hay al respecto son bastante escasos. En general se considera a la temperatura como un factor ambiental muy importante en la incidencia sobre el color del fruto tanto externo como interno en el pomelo (Spina y Russo, 1985; Eilat *et al.*, 1969; Meredith and Young, 1969 y 1971). Apenas hay estudios sobre las variedades rojas, que son muy recientes.

En las experiencias realizadas en Florida con naranjas Hamlin, Parson Brown y Pineapple por Stearns and Young (1942), sobre la relación de las condiciones climáticas con el color de la corteza de los frutos, se llega a la conclusión de que el viraje del color no se produce hasta que no se alcanzan temperaturas mínimas inferiores a 12,8 °C. Según los citados autores, las temperaturas superiores a 12,8 °C no tienen ningún efecto estimulante sobre el desarrollo del color de dichas variedades de naranja.

Dado que del estudio de las Matrices de Pearson (datos no presentados), realizados con estos parámetros y las integrales y saltos térmicos en pomelos sus coeficientes de correlación lineal no tienen diferencias significativas, se han estudiado las correlaciones polinomiales con los mismos parámetros.

### 5.3.1.1- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro L

En nuestras condiciones, los años con integrales térmicas del orden de 2180 las variedades de pomelo alcanzan una mayor claridad (valores máximos) en su corteza, a partir de este punto, ya sean menores o mayores los valores de la integral térmica, las mediciones del parámetro **L** exterior de noviembre, disminuyen en estas variedades. El comportamiento de Río Red es muy diferente al resto de las variedades, variando muy poco con diferentes valores de la integral térmica. Sus correlaciones polinomiales son mayores del 0,90 excepto Henderson que es de 0,76.

El comportamiento es semejante en el interior del pomelo, pero para alcanzar valores máximos de este parámetro se necesita una IT un poco mayor, del orden de 2200. Sus correlaciones polinomiales son algo más bajas en el interior que en el exterior. Río Red tiene una correlación mejor en el interior que en el exterior. Por otra parte Marsh en el interior tiene una baja correlación.

Con la IT1 (momento del envero) el parámetro **L** exterior, adquiere valores más bajos con cifras de IT1 del orden de 120, con otros valores, este parámetro aumenta. El comportamiento de **L** interior es semejante a este parámetro en el exterior. Respecto a las correlaciones, son altas, solo Río Red discrepa del resto de las variedades con valores más bajos especialmente en el exterior.

Respecto a la IT2 tienen bajas correlaciones polinomiales en el exterior excepto Río Red que las tiene altas y en el interior también son bajas, algo mejores las tienen Marsh y Redblush

En cuanto a ST1 son buenas las correlaciones polinomiales con este parámetro, tanto externo como interno (mejor), que viene a confirmar que en este periodo (15 octubre-15 noviembre) hay una mayor correlación entre el ST1 y la claridad, mientras que de julio a noviembre (ST2) la influencia es menor (tiene correlaciones algo más bajas).

### 5.3.1.2- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro a

Los valores más altos, menos verdes, para las variedades blancas y más rojo, para las variedades rojizas, del parámetro **a** exterior en el mes de noviembre, lo alcanzan estas variedades de pomelo en los años que tienen IT del orden del 2200

(Figura 4.74), con otros valores de IT, este parámetro tiene valores más pequeños (más verdes o menos rojos).

El comportamiento de este parámetro en el interior del fruto, con la IT es al contrario que el exterior, los tonos rojizos los alcanza con valores de 2200 en la IT. Se puede apreciar que a mayor IT hay mas color rojizo, en variedades rojizas, pero en las variedades rosadas y blancas, el valor de **a** al estar por debajo de cero son más verdes, luego en estas variedades (rosadas) cuando sube la temperatura vira a rojo.

En las variedades más blancas, en los años más calurosos los frutos tanto interiormente como exteriormente son algo más verdosos; mientras que los años más frescos los frutos son menos verdosos. En las variedades rojas, los años más calidos el exterior es más verdoso y el interior más rojizo. Los coeficientes de correlación de las regresiones polinomiales de orden dos son algo más altos en el exterior que en el interior

Con la IT1 de octubre noviembre el valor de **a** de noviembre en la corteza del fruto, tiene valores mínimos los años que esta integral tiene valores de 120 con otros valores de IT1, las cifras de **a** aumentan, se hacen más rojos. También este parámetro su comportamiento en el interior es contrario al del exterior, los valores son máximos con las cifras de 120 de IT1.

Respecto a la IT2 tienen bajas correlaciones en el exterior y un poco más altas en el interior.

En cuanto a ST1 en general tienen buenas correlaciones con este parámetro, en la corteza del fruto y mas baja en el interior, teniendo con el ST2 correlaciones algo superiores, que viene a confirmar que hay algo más influencia de julio a noviembre (ST2) que en el periodo de 15 octubre-15 noviembre (ST1) con el parámetro **a**.

### **5.3.1.3- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro b**

El parámetro **b** exterior de noviembre, alcanza los valores más elevados (más amarillo) en la variedad Marsh en los años en los que la IT es del orden de 2200. En cualquier año, en que la IT tenga otro valor, este parámetro es más pequeño. En las variedades rojizas, el comportamiento es distinto, ya que con valores de IT de 2200, es cuando los valores de **b** son más bajos.

Con el parámetro **b** interior el comportamiento es idéntico al exterior. Las correlaciones polinomiales medias de este parámetro son en general bajas.

Con la IT1 el parámetro **b** de noviembre, alcanza valores más bajos en los años que IT1 alcanza cifras del orden de 120. El comportamiento del parámetro **b** interior, es semejante al **b** exterior. Las correlaciones polinomiales medias les sucede lo mismo que con IT, que en general son bajas.

Con el ST1 también tiene correlaciones bajas, y con el ST2 las correlaciones polinomiales son bajas en el exterior pero altas en general en el interior, lo que indica una influencia de los saltos térmicos en el interior del fruto en el periodo julio a noviembre

De todo ello se deduce que el parámetro **b** está poco influido por la temperatura, solo parece influir sobre Ray Ruby en el interior.

#### 5.3.1.4- Influencia de la temperatura en la evolución del índice de color **Ic**

Los valores menos negativos (menos verdes) de **Ic** en el mes de noviembre, se alcanzan con integrales térmicas del orden de 2200. Con cualquier otro valor de IT la tendencia de **Ic** es a aumentar (Figura 4.99). Las Figuras de las rectas de regresión de la IT con el **Ic** vienen a ser muy semejantes a las Figuras con el parámetro **a**, por las características de la fórmula de **Ic**.

El comportamiento de **Ici**, es contrario al del **Ic**, aunque **L** y **b** interior evolucionan igual que en el exterior, pero el parámetro **a** interior se comporta al revés que el exterior y eso influye en la fórmula, ya que **a** está en el numerador y multiplicado por mil.

Con la IT1, la tendencia de **Ic** en noviembre es tener los valores más bajos con una IT1 de 130. Con otros valores de esta integral térmica los valores aumentan, coincidiendo con las tendencia de los tres parámetros **L**, **a** y **b**. Con el **Ici** la tendencia evolutiva es al revés que en el exterior, por la influencia del parámetro **a** que marca la pauta en la formula de **Ic**.

El índice de color **Ic** no es del todo útil para correlacionar el color con la temperatura, porque esta fórmula está muy influenciada por el parámetro **a** y los otros parámetros como **L** y **b** los enmascara. Conesa (1999) afirma que a mayor integral

térmica más coloración. Bustan *et al.*, (1996) y González Sicilia (1960), hablan que a mayor temperatura, la calidad del pomelo aumenta, aunque no es el color el único parámetro que interviene en la calidad.

De estudio de las correlaciones polinómicas de orden dos con **I<sub>ce</sub>** se observa que influye más la temperatura en el color externo, en el periodo situado entre octubre y noviembre, mientras que esta influencia es un poco menor en el periodo de marzo a junio. Sin embargo en el color externo del fruto influyen algo más los saltos térmicos del 15 de octubre al 15 de noviembre, que los saltos térmicos de julio a noviembre.

Para el caso de las correlaciones polinómicas de orden dos con **I<sub>ci</sub>** se observa que influye más la temperatura en el color interno, en el periodo situado entre marzo y junio, que en el periodo de octubre a noviembre.

Respecto a las correlaciones con los saltos térmicos en el periodo de julio a noviembre la influencia de los saltos térmicos es notablemente mayor, que del 15 de octubre al 15 de noviembre.

Las correlaciones lineales entre el **I<sub>c</sub>** externo del 15 de octubre al 15 de noviembre y las temperaturas no son estadísticamente significativas en ninguna de las variedades estudiadas, lo cual, reflejan la baja influencia de la IT; interiormente son algo más elevadas solo con la IT, sin influir apenas las integrales y saltos térmicos.

En general la bibliografía es muy escasa, no habla nada de parámetros y en el color habla de aspectos generales Conesa (1999) solo correlaciona la IT con Star Ruby. En términos generales coincidimos en la revisión de Casas y Mallent (1988) en que el desarrollo del color es gradual desde el otoño al invierno.

El color tanto externo como interno no guarda una correlación lineal con la temperatura a lo largo del tiempo. Si influye en periodos muy concretos.

### **5.3.2.- Influencia de la temperatura en el color del limonero**

#### **5.3.2.1- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro L**

Tal como se ha estudiado en la corteza del limón, el parámetro **L** de la claridad aumenta progresivamente en todas las variedades y clones estudiados conforme va

decreciendo la temperatura media en otoño. El aumento de la claridad en el exterior, se produce a partir del mes de octubre, donde crece ligeramente aumentado más en el mes de noviembre en el que siguen descendiendo las temperaturas y lo mismo sucede en el mes de diciembre. De forma similar ocurre con la evolución de las temperaturas mínimas. Todo ello nos indica que el descenso de las temperaturas durante el otoño produce un incremento de la claridad en la corteza del limón en los clones y variedades estudiados.

En el caso del interior del limón, sucede al contrario, la tendencia general es hacia una disminución de la claridad a lo largo de estos meses conforme desciende la temperatura, pero esta disminución es bastante pequeña, tan solo unos cinco puntos como máximo.

Se observa que la temperatura media está correlacionada positivamente con la claridad en el exterior del limón, siendo estadísticamente significativa, lo cual nos indica, la alta correlación existente entre las dos, mostrándose con las rectas de regresión polinomial de la temperatura media y el parámetro **L** exterior la tendencia ascendente de la claridad de la piel del limón, conforme disminuye la temperatura en esta época del año. Estas correlaciones son más altas que en pomelo.

Con el parámetro **L** de color interno, se observa que las correlaciones son en general más bajas que la **L** exterior, teniendo un nivel de significación mayor al 95% en las variedades y clones estudiados en el año 2002, excepto Fino 48.

### **5.3.2.2- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro a**

La degradación de clorofilas que influye en la coloración de corteza, comienza cuando las temperaturas medias bajan de los 18 °C y las mínimas se sitúan en torno a los 15°C.

En el interior del limón el parámetro **a** aumenta también muy poco, del orden de dos puntos en estos meses. En el exterior del limón, los valores de este parámetro en septiembre, es de unos -17, es decir, bastante verde y termina con valores de unos -10, mientras que en el interior en ese mes parte con valores de -4 (tonos muy poco verdes) y termina con valores cercanos a -3, es decir que las variaciones son muy pequeñas prácticamente en todas las variedades y clones.

Las correlaciones lineales tienen un nivel de significación mayor del 95%. Las correlaciones polinomiales nos muestran, que generalmente en la corteza del limón a partir de valores inferiores a 18° C de temperatura media, es cuando se inicia la pérdida del color verde, que corresponde a una mayor degradación de clorofilas (Bain 1958).

En el interior del limón la pérdida de color verdoso es menos acusada, siendo las correlaciones polinomiales más bajas que en exterior.

Las correlaciones lineales entre este parámetro y la temperatura en el exterior del limón, son altas, siendo estadísticamente significativas en todos los clones y variedades estudiadas, mientras que en el interior son más bajas siendo estadísticamente significativas en todos los clones y variedades estudiadas pero solo en el año 2002.

### **5.3.2.3- Influencia de la temperatura en la evolución del parámetro b**

El parámetro **b** exterior, tiende a aumentar, conforme desciende las temperaturas en el transcurso del otoño siendo su aumento mayor en noviembre y diciembre, partiendo de valores amarillos de 20 en septiembre y terminando con valores más amarillos en diciembre, del orden de 40.

En el interior del limón los valores son menores que en exterior y sucede al contrario que en exterior, disminuyen ligeramente sus valores dos o tres puntos al llegar a diciembre. Es decir en el interior varía muy poco el tono amarillo durante el otoño conforme descienden las temperaturas.

En el exterior del limón el coeficiente de las correlaciones de regresiones polinomiales de orden dos de las variaciones de las temperaturas medias tomadas en los meses estudiados con el parámetro **b** son en general altos, teniendo una menor correlación la **b** del interior.

Las correlaciones lineales en el exterior son algo superiores a las del interior, siendo su nivel de significación mayor al 95% en todos los clones y variedades estudiadas en el exterior, mientras que en interior, lo tienen tan solo las variedades Eureka y Lisbon en el año 2002.



#### 5.3.2.4- Influencia de la temperatura en la evolución del índice de color $I_c$

La degradación de clorofilas y por tanto el comienzo de la coloración de corteza característica del limonero comienza cuando las temperaturas medias bajan de los 18 °C, tal como hemos visto en el estudio del parámetro  $a$  que viene a coincidir con temperaturas mínimas de 13° C (Casas y Mallent, 1988a; Stearns y Young, 1942). El  $I_c$  va aumentando de valor desde septiembre, a finales de noviembre de los dos años el índice de color externo  $I_c$ , del fruto permanece constante y es de similar intensidad en los dos años de estudio.

El color externo si está influenciado por la temperatura media y los datos obtenidos coinciden con lo que sucede en las recolecciones comerciales, dónde a partir de finales de noviembre en nuestras condiciones climáticas no hace falta someter los frutos a un proceso de desverdización natural en cámara. Los datos apuntados por otros autores (García Lidon *et al.*, 1986, 1988; García Lidón, 2003) son puntuales y no hablan de evolución del color. Generalmente los pocos estudios de influencia de la temperatura sobre el color de los frutos están realizados sobre naranjo y pomelo (Stean and Young 1942). En algunos casos se dan escalas visuales (Dinar *et al.*, 1976; Bustan *et al.*, 1996).

Respecto al color interno, la tendencia general es un ligero aumento del índice  $I_c$  a lo largo de estos meses conforme desciende la temperatura, este índice de color interno del fruto se estabiliza y permanece casi constante, cuando la temperatura media es de 15 °C y la mínima es de 13° C.

Existe una alta correlación polinomial de orden dos, entre las variaciones de la temperatura media en los dos años de estudio y el índice de color externo en las variedades y clones estudiadas, siendo en general más baja esta correlación con el  $I_c$  interior.

Las correlaciones lineales del índice de color externo con las temperatura media son altas y con un nivel de significación mayor del 95%, mientras que para el interno el primer año son bajas y el segundo son significativas para Eureka y Lisbon y en todos los clones excepto Fino 49.

Por otra parte, el color interno de los frutos de limón, varía poco a lo largo del otoño, quizás por este motivo no hay prácticamente ningún trabajo que hable del color interno de los frutos del limonero, y también a la dificultad de realizar esta medida y porque no es un parámetro que se tenga en cuenta en la calidad.

## **6.- CONCLUSIONES**



## 6. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se han extraído las siguientes conclusiones.

### 6.1. COLORACIÓN DEL POMELO

#### Color externo

El parámetro **L** de la claridad, evoluciona hacia valores más claros conforme madura el fruto.

El parámetro **a** pasa de valores negativos (verde) a valores positivos (rojos) durante la maduración en todas las variedades, excepto las más rojizas, Star Ruby y Río Red que en noviembre ya son positivas, alcanzando los valores más altos en enero.

El parámetro **b** tiene valores positivos (amarillos) en todas las fechas y en todas las variedades. El valor de este parámetro aumenta a lo largo del tiempo. Los valores más elevados se dan en las variedades Marsh, Redblush y Shambar, y los más bajos en Star Ruby y Río Red, siendo Henderson y Ray Ruby variedades intermedias.

El índice de color externo **Ic** así como del cociente **a/b** aumenta de noviembre a enero y desciende ligeramente en marzo.

El croma **C**, el tono **H**, la saturación **S**, no son buenos indicadores para pomelos, por lo que no es recomendable su uso en esta especie.

La luminosidad **Q**, muestra un ligero aumento a lo largo del tiempo en todas las variedades.

Las correlaciones entre la apreciación visual y los índices **a/b** e **Ic**, es alta, media para **Q** y baja para el resto de índices (**S**, **C**, **H**).

#### Color interno

Los valores del parámetro **L** varían poco a lo largo del tiempo en el periodo de noviembre a marzo, manteniendo una tendencia homogénea en todas las variedades. El hecho que los valores de este parámetro sean menores que en exterior nos indica que el interior es algo "apagado", menos "luminoso" que el parámetro **L** externo.

El parámetro **a** suele mantener el mismo valor medio en los cuatro años, siendo los valores más verdes (negativos) los de las variedades blancas y rosadas y los valores positivos los tienen las variedades rojizas.

El parámetro **b** en valor absoluto varía poco; sus valores vienen a ser la cuarta o quinta parte del **b** externo.

Los mayores valores de **a/b** e **Ic** se dan en Star Ruby y los menores en Marsh con diferencias significativas.

Los índices **C**, **H** y **S** internos, al igual que en el exterior del fruto no son recomendables para esta especie.

Las correlaciones entre la apreciación visual y los índices **a/b** e **Ic**, es alta, y media con **Q**, pero es baja para el resto de los índices **S**, **C** y **H**.

## **6.2. LIMÓN**

### **Color externo**

La evolución del parámetro **L**, en todos los clones y variedades de limonero, es creciente a lo largo del tiempo.

La evolución del parámetro **a** es ligeramente decreciente hasta finales de octubre, para luego tener un incremento notable en los siguientes muestreos (valores menos negativos) y, a finales de noviembre inicia un incremento más moderado.

La evolución del parámetro **b** externo es creciente a lo largo del tiempo, en todos los clones y variedades de limonero.

La evolución de los índices **a/b** e **Ic** crece a lo largo del tiempo, en todas las variedades y clones.

Los índices **C**, **H** y **S** no se considera útil su uso en limonero al igual que en pomelo.

La luminosidad **Q** es un índice más sensible que el parámetro **L** para evaluar la evolución en el tiempo de la claridad en limones, por lo que en este caso podría ser más conveniente utilizarlo en lugar de **L**.

El comportamiento de los parámetro e índices colorimétricos, en las variedades y clones de limonero, es similar tanto en el patrón naranjo amargo, como sobre *Citrus macrophylla*.

### **Color interno**

La evolución del parámetro **L** en todos los clones y variedades de limonero, decrece a lo largo del tiempo. La claridad en el exterior es mayor que en el interior del fruto.

Todos los valores del parámetro **a** son negativos, es decir, tienen tonos verdosos, a partir de octubre aumentando su valor a lo largo del tiempo, en todos los clones y variedades. Este tono verde es muy superior en la corteza, con valores de **a** tres veces superiores a los del interior del limón.

La evolución de los valores del parámetro **b** interno decrece ligeramente a lo largo del tiempo, siendo Eureka la menos amarilla en todos los muestreos.

El índice **a/b** e **Ic** interno, prácticamente no varían a lo largo de los meses estudiados.

Los índices **C**, **H** y **S**, no nos dan información clara de la evolución del color, por lo que no parecen interesantes para los frutos de esta especie.

La luminosidad **Q** interna en el otoño decrece, siendo Eureka la variedad que tiene valores más bajos.

Internamente el comportamiento de los parámetros e índices colorimétricos, en las variedades y clones estudiados, es similar tanto en el naranjo amargo como en *Citrus macrophylla*.

## **6.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA EVOLUCIÓN DEL COLOR**

### **6.3.1. Pomelo**

#### **Color externo**

En las correlaciones lineales de las integrales térmicas y saltos térmicos con los parámetros e índices colorimétricos estudiados no existen diferencias significativas.

Los coeficientes de correlaciones polinomiales de las integrales y saltos térmicos varían en función del parámetro y de la variedad que se considere en cada momento.

En general los años más cálidos tienen frutos más verdosos.

### **Color interno**

En las correlaciones lineales de las integrales térmicas y saltos térmicos con los parámetros e índices colorimétricos estudiados no existen diferencias significativas.

Los coeficientes de correlaciones polinomiales de las integrales y saltos térmicos varían en función del parámetro y de la variedad que se considere en cada momento

En general cuanto más caluroso es el año, mayor coloración interna tienen los frutos.

#### **6.3.2. Limonero**

El parámetro **L** exterior de la claridad aumenta progresivamente en todas las variedades y clones estudiados conforme va decreciendo la temperatura media en otoño. En el caso del interior del limón, sucede al contrario.

El parámetro **a** externo aumenta conforme desciende la temperatura y el interno varía muy poco a lo largo del otoño.

Hay una correlación lineal alta, significativa, entre la temperatura media y los parámetros **L** y **a** en el exterior del limón en los dos años y en el interior es solo significativa en el año 2002.

El parámetro **b** exterior, tiende a aumentar, conforme desciende las temperaturas en el transcurso del otoño.

En el interior del limón los valores de **b** son menores que en exterior y apenas varían durante el otoño conforme bajan las temperaturas.

Las correlaciones lineales de la temperatura media con el parámetro **b** son altas y significativas sólo en el exterior.



# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Ali-Dinar, R.M.; Krezdorn, A.H.; Rose, A.J. 1976. Extending the grapefruit harvest season with growth regulators. Proc. Fla. Sta. Hort. Sci., 49: 4-6.
- Allen, R.M.; Rodney, D.R.; McDonald, H.H. 1977. Sieve tube necrosis in Arizona. Citrograph, 62(3): 79-80.
- Anderson, C.M.; Betañena, N.H. 1996. Behaviour of twelve orange cultivars on six rootstocks in Argentina. Proc. Int. Soc. Citriculture, I: 103-108.
- Anónimo. 1988. Flame: A new Red grapefruit from Florida. Citrograph, 73: 48.
- Anónimo. 2003a. Aforo de la producción de cítricos. Levante Agrícola, 42(3): 248-252.
- Anónimo. 2003b. Aforo de la producción de cítricos. Valencia Fruits, 18 noviembre.
- Aranda, M.A. 1986. Influencia de la posición de las naranjas W. Navel en el árbol sobre el color y el contenido de pigmentos de las mismas. Tesina. Fac. Biol. Univ. Valencia.
- Artés F.; Marín G.; Martínez, J.A.; Tudela J.A.; García Lidón, A. 1997. Desverdización de nuevas variedades de limón y pomelo. Phytoma. Nº 90: 130-132.
- Bain, J.M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of Valencia orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. Aust. J. Bot., 6: 1-24.
- Banet, E. 1978. Nutrición del pomelo "Marsh" y estudio evolutivo del fruto. CEBAS nº 355. Murcia. 234 pp.
- Banet, E.; Romojaro, F.; Llorente, S. 1981 Evolución de pigmentos fotosintéticos en flavedo y pulpa de pomelo Marsh. An. Edafol. Agrobiol., 259-267.



Beltrán, C. 1983. Comportamiento de cuatro variedades de limonero (*C. limon* (L.) Burm. f.) frente al ácaro de las maravillas (*Aceria sheldoni* Ewing). Trabajo Fin de Carrera. E.P.S. Orihuela.

Bevington, K.B.; Cullis, B.R. 1990. Evaluation of rootstocks for Marsh and Davis grapefruit in the Murray Region of New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.*, 30(3): 405-411.

Bono, R.; Soler, J.; Fernández de Córdoba, L. 1985. Variedades de agrios cultivadas en España. Instituto Valenciana de Investigaciones Agrarias. Valencia. 70 pp.

Boswell, S.B.; Nauer, E.M. and Atkin, D.R. 1982. Effect of tree density of fruit quality, temperature, light penetration, growth and production of old-line "Atwood" Navel oranges trees. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 107: 60-65.

Bowman, F.T. 1955. A history of *Citrus* in Australia. 1788-1900. *Citrus News*, 31(8): 102-103.

Buckmant, H.O and Brady, N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Cap. 2: 42-70. Ed. Tansa. San Sebastián.

Bustan, A.; Goldschmidt, E.E.; Erner, Y. 1996. Integrating temperature effects on fruit growth into a Citrus productivity model. *Proc. Int. Soc. Citricuñlture*, II: 938-944.

Butterfield, H.M. 1963. A history of subtropical fruits and nuts in California. Univ. Calif. Div. Agric. Sc., Berkeley. 57 pp.

Calabrese, F.; Raimondo, A. 1979. Osservazioni sul pompelmo Redblush. *Frutticoltura*, 41(5): 39-41

Calvert, D.V. 1970. Response of Temple oranges to varying rates of nitrogen, potassium and magnesium. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 83: 10-15.

Calvert, D.V.; Koo, R.C.J. and Ford, H.W. 1967. Flood irrigation studies with citrus. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.*, 81: 79-85.

Casas, A.; Mallent, D. 1985. Factores que influyen en el color de los frutos cítricos. 1ª Reunión Nac. Propr. Fis. Aliment. Univ. Politécnica de Valencia.

Casas, A.; Mallent, D. 1988a. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment., 28(2): 184-202.

Casas, A.; Mallent, D. 1988b. El color de los frutos cítricos. II. Factores que influyen en el color (continuación). Influencia de la fertilización, del portainjerto y otros. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment., 28(3): 344-356.

Castle, W.S.; Phillips, R.L. 1980. Performance of "Marsh" grapefruit and "Valencia" orange trees on eighteen rootstocks in a closely spaced planting. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 105(4): 496-499.

Castle, W.S.; Wutscher, H.K. Youtsey, C.O.; Pelosi, R.R. 1988. Citrumelos as rootstocks for Florida citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc., 101: 28-33.

Chandra, A.; Chandra, A. 1988. Note on physico-chemical characteristics of citrus fruits. Curr. Agric., 12: 87-90.

Chapman, J.C.; Rayner, D.S. 1951. Effects of various maintained levels of phosphate on the growth, yield, composition and quality of Washington navel oranges. Hilgardia, 20: 325-358.

Chapot, H. 1975. Origin and distribution, botany, taxonomy, genetics, current trends in citrus breeding, commercial varieties, the citrus belt of the world. In: Citrus. Ciba-Geigy Ltd. Basilea, Suiza. 6-14.

Chohan, G.S.; Vij, V.K; Kumar, H. 1988. Effect of rootstocks on tree vigour, health, yield and fruit quality of grapefruit (*Citrus paradisi* Macf) cv. Marsh Seedless. Punjab Hort. J. 28: 27-29.

CIE. Proceedings 1931. Universidad de Cambridge, 1932.

CIE. 1970 International Lighting Vocabulary. Pub. N° 17 (E-11) Bureau Central. París

CIE. 1972 Special Metamerism Index: Change in Illuminant. Bureau Central. París

CIE. 1975 Color of light signals. Publ. n° 22 (TC-4.2) Bureau Central. París.

Cohen, M. 1970. Rangpur lime as a citrus rootstock in Florida. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc., 83: 78-84.

Cohen, M. and Reitz, H. 1963. Rootstocks for Valencia orange and Ruby Red grapefruit: results of a trial initiated at Fort Pierce in 1950 on two soil types. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc., 76: 29-34.

Conesa, A. 1999. Floración, fructificación, crecimiento y maduración de los pomelos (*Citrus paradisi* Macf.) "Star Ruby" y "Río Red". Tesis Doctoral. Madrid. 396 pp.

Conesa, A.; Porras, I.; Párraga Rosa, M.J.; García Lidón, A.; Vidal Luna, J.A. 1999. Influencia de la posición del fruto en el árbol sobre la coloración, externa del pomelo. Actas V Congreso Nacional del Color. Tarrasa (Barcelona), 151-152.

Continella, G.; Germana, C.; La Rosa, G.; Tribulato, E. 1988. Performance and physiological parameters of "Comune" clementine influenced by four rootstocks. Proc. Int. Soc. Citriculture, I: 91-100.

Cooper, W.C.; Olson, K.O. 1951. Influence of rootstock on chlorosis of young Redblush trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 57: 125- 132.

Crescimanno, F.G. y Calabrese, F. 1973. Il limone in Sicilia. L'Italia Agricola, 110 (11-12): 1-26

Cruse, R.R. and Brown H.E. 1983. Maturity y characteristic and seasonal variations in the quality of Texas citrus. U.S. Depart. Of Agric. ARR-S-15/Augusst. ISSN 0193-2853.

Cruse, R.R.; Lime, B.J; Hensz, R.A. 1979. Pigmentation and color comparison of Ruby Red and Star Ruby grapefruit juice. J. Agric. Food Chem., 27: 641-642.

Darias, J.; Carrillo, M.; Díaz, E.; Echavárri, J.F. 1997. Caracterización colorimétrica de vinos canarios. IV Cong. Nac. del Color. Jarandilla de la Vera. 65-66 pp.

Dass, H. 1990. Citrus germoplasm of India. Proc Int. Citrus Symp. Guangzhou, China, 65-69.

Davies, F.S. 1986. Growth regulator improvement of postharvest quality. In: *Fresh Citrus Fruits*. W.F. Wardowski et al. (eds.). Avi. Publ. Co. Inc., Westport, Conn., 79-99.

Davies, F.S.; Albrigo, L.G. 1999. Cítricos. Ed. Acribia, 283 pp. Zaragoza

Davis, R. and K.S. Gibson; 1931 *Bur. Standards Misc. Pub.* 114

Deszyck, E.J., Reitz, H.W.; Sites, J.W. 1952. Effect of copper and lead arsenate sprays on the total acid and maturity of Duncan grapefruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 65:38-42.

Deszyck, E.J. and Sites, J.W. 1953. The effect of borax and lead arsenate sprays on the total acid and maturity of Marsh grapefruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 66:62-65.

Deszyck, E.J. and Sites, J.W. 1954. The effect of lead arsenate sprays on quality of mature Ruby Red grapefruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 67:38-42.

Deszyck, E.J. and Ting, S.V. 1956. Seasonal changes in the juice content of pink and red grapefruit during 1955-56. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 69: 68-72.

Economides, C.V. 1977. The influence of rootstocks on tree growth, yield and fruit quality of "Valencia" oranges in Cyprus. *J. Hort. Sc.*, 52: 29-36.

Eilati, S.; Monselise, S.P.; Budowski, P. 1969. Seasonal development of external color and carotenoid content in the peel of ripening Shamouti orange. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94: 346-348

Embleton, T.W. and Jones, W.W. 1973. Valencia orange creasing, fruit color and other factors affecting crop value as influenced by N, K, and Mg and their correlations. 1<sup>er</sup> Congr. Mund. Citricultura, 1: 93-101.

Embleton, T.W.; Jones, W.W.; Page, A.L. 1967. Potassium and phosphorus effects on deficient Eureka lemon trees and some salinity problems. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 91: 120-127.

FAO. 2003. Estadística. [www.fao.org](http://www.fao.org)

Fairchild, G.F. 1988. The recovery of the Texas grapefruit industry. Food and resource economics citrus marketing letter. Bull. n° 22. Fla. Cooperat. Extension Serv. Univ. Fla.

Farnsworth, D. 1957. Manual: The Farnsworth-Munsell 100-hue test for the examination of color discrimination (revised). Munsell Color, Baltimore.

Fernández, E.; Vázquez, M.L.; Romero, M.A. 1997. Evolución del color durante el curado del chorizo gallego. IV Cong. Nac. del Color. Jarandilla de la Vera. 67-68. pp.

Foguet, J.L.; González, J.L.; Stein, B.E.; Vinciguerra, H.F. 1987. Ensayo de mandarinos como portainjerto para pomelo Redblush nucelar en suelo de replante. Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán 64(2): 29-41.

Foguet, J.L.; Oste, C.A.; Alvarez, S.; González, J.L.; Delfini, A. 1977. Desarrollo, productividad y calidad de la fruta del limonero Eureka sobre nueve portainjertos. Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán 54(1): 17-27.

Fornier, J.B. 1984. Interacciones entre el injerto y el patrón en los agrios. M.A.P.A. H.D. 9/84. 19 pp. Madrid.

Fornier, J.B. 1985. Características de los patrones de agrios tolerantes a la tristeza. Generalitat Valenciana. Conselleria D'Agricultura I Pesca. 20 pp. Valencia.

Fornier, J.B. 1995. Perspectivas en la utilización de patrones en Citricultura. II Congreso de Citricultura de la Plana. Ed. y Promociones L.A.V., S.L. Serie Estudis i Investigacions. N°7: 29-41.

Fornier, J.B. 1996. Nuevos patrones de agrios enanizantes y semienanizantes. II Congrés Citrícola de L'Horta Sud. Ed. y Promociones L.A.V., S.L. 35-50 pp.

Fornier, J.B.; García, C.; Ferguera, J. 1983. Comportamiento de patrones y variedades de agrios ante situaciones extremas de asfíxia radical. 1<sup>er</sup> Cong. Int. Soc. Citrus Nurserymen, 55-64.

Fornier, J.B.; Pina, J.A. 1992. Plantones tolerantes a la tristeza. Veinte años de historia. (I) Patrones. Levante Agrícola, 32: 88-92.

Fortucci Marongin, P. 1988. Three decades of the world citrus economy. Proc. Sixth Int. Citrus Congress, I: 19-31.

Forte, V. 1990. Il limone. Edizioni Agricole. Bolonia. 90 pp.

Fucik, J.E.; Davis, R.M.; Dávila, D. 1988. Cultivar, culture and freeze damage effects on post-freeze recovery of Texas grapefruit. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.*, 41: 59-67.

Galán Soldevilla, H.; Ruiz Pérez-Cacho, M.P. 2002. Selección de catadores, pruebas de ordenación para evaluar la aptitud de discriminación entre intensidades de color. VI Congreso Nacional del Color. Isla de la Cartuja (Sevilla). 257-258 pp.

García-Lidón, A. 2001. El limonero en España. Situación actual y perspectivas Jornadas Técnicas del limonero. 29-30 de noviembre. Murcia.

García Lidón, A. 2003. La selección clonal del limonero "Fino", incidencia del patrón, aspectos morfológicos, agronómicos y bioquímicos. Tesis Doctoral. Cartagena.

García Lidón, A.; Conesa, J.A.; Porras, I.; Fuster, M.D.; Ortuño, T. 2003 El Limón y sus componentes bioactivos. Conserjería de Agricultura Agua y Medio Ambiente. Serie Técnica, nº 25 127pp.

García Lidón; A.; Ortíz J.M. 1993. La selección clonal de limonero en España. Convenio Internacional. Paternó (Italia). 273-285.

García Lidón, A.; Porras Castillo, I. 1986. Calidad del fruto y características de la planta del limonero Fino 49, un clon selecto de reciente introducción. *Actas de la SECH, Córdoba. I* : 342-351

García-Lidón, A.; Porras, I.; González, D.; Ortiz, J.M. 1988. First result of the clonal selection programme for lemon trees in Spain. *Proc. Int. Soc. Citriculture, I*: 207-214.

Gilabert E. J. 1992. Medida del Color. Universidad Politécnica de Valencia. 192 pp.

Gilabert, E. J. 1998. Medida del Color. Universidad Politécnica de Valencia.

González, I.; López, J.; Fernández, J.A.; Rodríguez, A.; Porras, I. 2002. Caracterización colorimétrica de dos especies de gladiolo silvestre. VI Congreso Nacional del Color. Sevilla, 273-274 pp.

González-Sicilia, E. 1951. Características de algunas variedades de agrios. Bol. INIA, XI: 134-209. Madrid.

González-Sicilia, E. 1960. El cultivo de los agrios. INIA. Madrid. 808 pp.

Grierson, W.; Newhall, W.F. 1955. "Slothing": A new disease of red grapefruit. Citrus Ind., 36(10): 16, 19.

Grierson, W.; Newhall, W.F. 1960. Degreening of Florida citrus fruits. Univ. Fla. Agric. Expt. Sta. Gainesville. Fla. Bull. 620.

Gross, J.; Gabal, M.; Lifshitz, A. 1971. Carotenoids in juice of Shamouti oranges. *Phytochemistry*, 36: 466-473.

Gross, J.; Carmon, M.; Lifshitz, A.; Sklarz, B. 1975. Structural elucidation of some orange juice carotenoids. *Phytochemistry*, 14: 249-252.

Gross, J. 1977. Carotenoid pigments in Citrus. In: Citrus Science and Technology. S. Nagy et al. (eds.). Avi Publ. Co. Inc. Westport, Conn., I: 302-354.

Hearn, C.J.; Cooper, W.C.; Register, R.O. and Young, R. 1962. Influence of variety and rootstock upon freeze injury to citrus trees in the 1962 Florida freeze. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc., 76: 75-81.

Hernández, B.; Aporta, J.; Sáenz, C. 1997. La medida del color en la carne. IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera. 38-39 pp.

Hensz, R.A. 1971. Star Ruby, a new deep-red-fleshed grapefruit variety with distinct tree characteristics. J. Rio Grande Valley Hort. Soc., 25:54-58.

Hensz, R. 1978. "Ray Ruby" grapefruit, a new deep-red fleshed grapefruit variety with distinct tree characteristics. J. Rio Grande Valley Hort. Soc., 25: 54-58.

Hensz, R. 1981. Bud mutations in citrus cultivars in Texas. Proc. Int. Soc. Citriculture, I: 89-91.

Hensz, R.A.; 1985a. How grapefruit varieties developed. South Texas AgriNEWS. 4 October, p. 16.

Hensz, R.A. 1985b. Rio Red a new grapefruit with a deep-red color. J. Rio Grande Valley Hort. Soc., 38: 75-76.

Hodgson, R.W. 1967. Horticultural varieties of citrus. In: W. Reuther, L.D. Batchelor, and H.J. Webber (eds.). The Citrus Industry. I (4): 431-591. Univ. Calif.

Huff, A.; Abdel-Bar, M.Z.; Rodney, D.R.; Roth, R.L. and Gardner, B.R. 1981. Enhancement of Citrus regreening and peel lycopene by trickle irrigation. HortScience, 16(3): 301-302.

Huff, A.; Mielke, E.A. and Fuller G.L. 1986. Re-accumulation of lycopene in late season, re-greening Redblush grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.). Sci. Hort. 29: 359-362.

Hunt, R.W.G. 1977. The Reproduction of colour. Fountain Press. London.

Hunter, R.S. 1958. Photoelectric color difference meter. J. Opt. Soc. Am., 48: 985-995.

Hunter, R.S. 1967. Development of the Citrus colorimeter. Food Technol., 21: 100-105.

Husak, S.; Torres, A. and Rodriguez, O. 1988. Choosing optimum cultivar-rootstock combination for citrus plantings. Part II: Effect of rootstock on fertile crown volume and performance per unit of fertile volume in the "Washington" navel orange, "Marsh" grapefruit, and "Orlando" tangelo: preliminary results. Agric. Tropica et Suptropica, 21:69-80.

Hutchison, D.J. and Bistline, F. W. 1981. Preliminary performance of 7-year-old "Valencia" orange trees on 21 rootstocks. Proc. Fla. State Hort. Soc., 94: 31-33.

Iglesias, D.J.; Ibáñez, R.; Tadeo F.R.; Legaz, F.; Primo-Millo, E.; Talón, M. 2002. Regulación del cambio de color de los frutos cítricos. Levante Agrícola, 41(2): 188-193.

Issa, J. and Mielke, E.A. 1980. Influence of certain citrus interstocks on  $\beta$ -carotene and lycopene levels in 10-year-old "Redblush" grapefruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 105(6): 807-809.

Iwagaki, I. 1981. Tree configuration and pruning of Satsuma mandarin in Japan. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1: 169-172.



- Jackson, L.K. and Sauls, J.W. 1984. Fruit Crops fact Sheet. Grapefruit. Fla. Coop. Ext. Serv. FC-35.
- Jiménez, R.; Frometa, E. 1988. Influencia de tres patrones sobre la calidad de los frutos del cultivar de toronja "Frost Marsh" (*Citrus paradisi*) en el sur de La Habana. Ciencia y Técnica, 11(2): 53-63.
- Jiménez-Cuesta, M.; Cuquerella, J. and Martínez-Jávega, J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. Proc. Int. Soc. Citriculture, II: 750-753.
- Kefford J.C.; Chandler, B.V. 1970. The chemical constituents of *Citrus* fruits. En: "Advances in Food Research". Academic Press, New York, p. 140.
- Koo, R.C.J. and Reese, R.L. 1976. Influence of fertility and irrigation treatments on fruit quality of Temple orange. Proc. Fla. State Hort. Soc., 89: 49-51.
- Koo, R.C.J. and Reese, R.L.; 1977. Influence of nitrogen, potassium and irrigation on citrus fruit quality. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1: 34-38.
- La Rosa, A. 1988. Evolution and trend of citrus consumption in France. Proc. Int. Soc. Citriculture, 4: 1651-1661.
- Legaz, F.; Bañuls, J. y Primo-Millo, E. 2000. Influencia de abonado en la calidad del fruto. Levante Agrícola, 39(1): 12-17.
- Leuenberger, V y Stewart, I. 1976 a. Isolation and identification of  $\beta$ -citraurol, a C<sub>30</sub> carotenoid in citrus. J. Org. Chem., 41: 891-892.
- Leuenberger, V and Stewart, I. 1976 b.  $\beta$ -citraurinene, a new C<sub>30</sub> citrus carotenoid. Phytochemistry, 15: 227-229.
- Levy, Y. and Mendel, K. 1982. Tree development, yield, and fruit quality of two orange cultivars on three rootstocks in the Negev region of Israel. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107: 1001-1004.
- Levy, Y.; Lifshitz, J.; Bavli, N. 1993 Alemow. (*C. macrophylla* Wester) a dwarfing rootstock for old-line "Temple" mandarine (*C. temple* Hort ex.Tan). Sci. Hort., 289-300

Lime, B.J.; Stephens, T.S.; Griffiths, F.P. 1954. Processing characteristics of colored Texas grapefruit. I. Color and maturity studies of Ruby Red grapefruit. *Food Technol.*, 8: 566-569.

Little, A.C. 1975. Off on a tangent. *J. Food Sc.*, 40: 410-411.

Lizaso, G.; Hernández, B.; Beriain, M.J.; Chasco, J.; Insausti, K. 1997. El color de la carne como característica diferencial de la raza en carne de vacuno. IV Cong. Nac. del Color. Jarandilla de la Vera. 77-78 pp.

Loussert, R. 1992. Los agrios. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 319 pp.

MAPA. 2001. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Madrid.

Martí, H.R. 2003. Estimation of sample size in skin and flesh color measurements of dry flesh sweetpotato (*Ipomea batata* (L) Lam.). *Sc. Hortic.*, 98: 331-336.

Martínez Valero. Contribución al estudio de la evolución del color de la pulpa, de la piel y de otros parámetros del fruto en el CVR de pomelo Star Ruby sobre los patrones citrange carrizo y Alemow. Tesis Doctora. Orihuela 2001.

Maxwell, N.P. and Wutscher, H.K. 1976. Yield, fruit size, and chlorosis of grapefruit on 10 rootstocks. *HortScience*, 11: 496-498.

Maxwell, N.P. and Rouse, R. E. 1980. History and description of Henderson red grapefruit. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.*, 34: 103-106.

Menesatti, P. 2000. Misura strumentale della qualità in ortofrutticoltura. *Italus Hortus*, 7(2): 12-19.

Meredith, F.I. and Young, R.H. 1969. Effect of temperature on pigment development in Redblush grapefruit and Ruby Blood oranges. *Proc. 1st. Int. Citrus Symp.*, 1: 271-276.

Meredith, F.I.; Young, R.H. 1971. Changes in lycopene and carotene content of Redblush grapefruit exposed to high temperatures. *HortScience*, 6: 233-234.

Miller, E.W.; Winston, J.R.; Schomer, H.S. 1940. "Physiological Studies of plastid pigments in rinds of maturing oranges." *J. Agric. Res.*, 60: 259-267.

Molnar, P.; Szabolcs, J. 1980.  $\beta$ -citaurin epóxide. A new carotenoid from Valencia orange peel. *Phytochemistry*, 19, 633-637

Monselise, S.P. 1951. Light distribution in citrus trees. *Bull. Res. Council. Israel.*, 1/3: 36-53.

Munsell A.H.; A color notation. *Munsell color Co.* Baltimore. 1963.

Navarro, L.; Pina, J.A.; Juárez, J.; Ballester, J.F.; Arregui, J.M. 1982. El programa de mejora sanitaria de variedades de agrios en España. *Información Agraria*, 6-7: 7-11.

Navarro, L.; Pina, J.A.; Ballester-Olmos, J.F. 1989. Variedades de pomelo introducidas a través de la Estación de Cuarentena de Cítricos. *Levante Agrícola*, 28(2): 77-80.

Oberbacher, M.F.; Ting, S.V. and Deszyck, E.J. 1960. Internal color and carotenoid pigments of Burgundy grapefruit. *Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, 75: 262-265.

Ortiz Marcide, J.M. 1985. Nomenclatura botánica de los cítricos. *Levante Agrícola*, 24 (I): 71-79.

Ortiz, J.M.; García Lidón, A. 1983. Los portainjertos de limonero en España. *Convenio Internacional. Paterno (Italia)*, 311-322

Ortiz, J.M.; García Lidón, A.; Tadeo, J.L. and Fernández de Córdoba. 1984. Rootstock effect on fruit and juice characteristics of lemons. *Proc. Int. Citriculture*, I: 50-53.

Ortiz, J.M.; García-Lidón, A.; Tadeo, J.L.; Fernández de Córdoba, L.; Martín, B.; Estellés, A. 1986. Comparative study of physical and chemical characteristics of four lemon cultivars. *J. Hortic. Sci.*, 61: 277-281.

Ortiz, J.M.; Porras, I.; García Lidón, A. 1987. El pomelo (*Citrus paradisi*, Macf.) y sus variedades. *Levante Agrícola*, 26(1): 30-32.

Ortuño, A.; García-Lidón, A.; Porras, I.; Fuster, M.D.; Del Río, J.A. 1996. Estudio de la necrosis de los elementos conductores del floema en limonero y naranjo injertados sobre *Citrus macrophylla*. *Levante Agrícola*, 35(4): 296-298.

Pardo, J.E. ; Gómez, R.; Varón, R.; Tardáguila, J.; Navarro, F. 1997. Aplicación de la colorimetría triestímulos para valorar el efecto del etefón en la maduración de frutos de pimiento para pimentón. IV Cong. Nac. del Color. Jarandilla de la Vera. 87-88 pp.

Pons, J. 1995. Estímulo de la maduración de las mandarinas. Factores y técnicas agronómicas. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Valencia. 144 pp.

Porras Castillo, I. 1993. Crecimiento y maduración del pomelo (*Citrus paradisi* Macf.) “Marsh” y “Redblush”. Comparación con nuevas variedades. Tesis Doctoral. Madrid. 227 pp.

Porras, I.; Alcolea, V.; García-Izquierdo, F.; Sánchez-Baños, M.; García-Lidón, A.; Conesa, A. 2001a. Estudio comparativo de la producción del limonero Fino 49 sobre los patrones (*Citrus macrophylla* Wester) y naranjo amargo (*Citrus aurantium* L.). Levante Agrícola, 40(1): 60-65.

Porras, I.; Cámara, J.M.; Manera, F.J.; Ferrández-Villena García, M. 2002. Determinación del color en zumo de naranja. VI Congreso Nacional de Color. Isla de la Cartuja (Sevilla). 253-254 pp

Porras, I.; García Lidón, A. 2003. El cultivo del pomelo en España. Primer Simposio Internacional de Citricultura en Oaxaca. Puerto Escondido, Oaxaca. México. 135-149.

Porras, I.; García Lidón M.; Conesa, A.; García Lidón, A.; Del Rio, J.A.; Ortuño, A. 1997. Utilización de los colorímetros de reflexión para la identificación de variedades de pomelo. Actas IV Congreso Nacional del Color. 89-90.

Porras, I.; García Lidón, M.; Conesa, A.; García Lidón, A.; Vidal Luna, J.J. 2000. El color en las variedades de pomelo (*Citrus paradisi* Macf). Levante Agrícola 39(1): 40-48.

Porras, I.; García-Lidón, M.; García-Lidón, A. 2000b. Limonero Verna: Clones selectos. Levante Agrícola, 39(2): 141-148.

Porras, I.; García Lidón A.; García Lidón, M.; García Legaz, M.F. 1988. Variedades de pomelo y pummelo. Actas de Horticultura, I: 17-21.

Porras, I.; García Lidón, A.; Ortiz Marcide, J.M. 1994. Variedades de pomelo y su utilización. en España. Levante Agrícola. 33(1): 49-56.

Porras, I.; García Lidón A.; Párraga Rosa, M.J.; Erena, M.; Conesa, A. 1999. Influencia de la temperatura en los distintos parámetros de color y madurez del pomelo Star Ruby sobre mandarino Cleopatra. *Levante Agrícola*, 38(4): 452-457.

Porras, I.; García-Lidón, M.; Pérez, F. 2001b. Citricultura en la Región de Murcia. *Agrícola Vergel*, 20(5): 238-251.

Porras, I.; García-Lidón, A.; Sánchez, M.; Espinosa, A. 1992. Estudio comparativo de la productividad de limonero Fino (clon 49) sobre los patrones de *Citrus macrophylla* y naranjo amargo. *Levante Agrícola*, 31(2): 93-96.

Porras, I; García, A. and Egea C. 1996. Internal and External colour changes in different Grapefruit Varieties. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1113-1116.

Porras, I.; Manera, F.J.; Cámara, J.M.; Alcolea, V.; García-Lidón, A.; Hortelano, F.; Riquelme, M.T.; Descals, G. 2000. Coloración externa e interna de las variedades de limón. VI Congreso Nacional de Color. Sevilla. 245-246 pp.

Prewett, R. 1987. The outlook for new citrus planting in Texas. *Citrograph*, 72: 51-52.

Prewitt, R. and Whitlock, L. 1989. Color the comeback red. *Citrograph*, 74 (10): 244-245.

Purcell, A.I. 1959. Seasonal development of carotene and lycopene in grapefruit. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.*, 13: 45-53.

Purcell, A.E. and Schultz, E.F.Jr. 1964. Influence of fruit age on lycopene concentration in colored grapefruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 85: 183-188.

Reese, R.L. and Koo, R.C. 1975. Effects of N and K fertilization on internal fruit quality of three major Florida orange cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 100: 425-428.

Reforgiato, G.; Russo, F.; Puglisi A. 1983. Prova di cinque portinnesti per l'arancio "Washington Navel". *Frutticoltura XLV*: 27-29.

Reitz, H.J. and Emblenton, T.W. 1986. Production practices that influence fresh fruit quality. En: *Fresh Citrus Fruit*. W.F. Wardowski *et al* (eds). Avi Publ. Co. Inc. Westport, Conn., 49-77 pp.

Romojaro, F.; Banet, E. y Llorente, S. 1979. Carotenoides en flavedo y pulpa de pomelo Marsh. Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment., 19(3): 385-392.

Reuther, W. 1988. Major commercial citrus varieties of the United States. HorstScience, 23(4): 693-697.

Reuther, W.; Embleton, T.W.; Jones, W.W. 1958. Mineral nutrition of tree crops. Ann. Rev. Plant Physiol., 9: 175-206.

Reuther, W. and Ríos-Castaño, D. 1969. Comparison of growth, maturation and composition of citrus fruits in subtropical California and tropical Colombia. Proc. 1st. Int. Citrus Symp., 1: 277-300.

Rouse, R.E. 1985. Review of citrus rootstocks for Texas following the 1983 freeze. J. Rio Grande Valley Hort. Soc., 38: 19-26.

Rouse, R.E. and Maxwell, N.P. 1979. Performance of mature nucellar "Redblush" grapefruit on 22 rootstocks in Texas. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 104: 449-451.

Rozenbaum, J. 1988. Consumer acceptance of a new breed of selected sweeter grapefruits. Proc. Int. Soc Citriculture, IV: 1645-1650.

Rubiño, M.; Martín, S.; Salas, C.; García, J.A.; Valenzuela, A.; Bellini, R. 2002. Estudio de la variación del color en los dientes humanos con la edad: influencia del iluminante. VI Cong. Nac. Del Color. Sevilla, 215-216.

Russo, F. 1955. Lemon culture in Italy. Calif. Citrog., 40: 225, 275-278.

Russo, F. 1985. Tassonomia del genere *Citrus* e dei generi affini interessanti la coltivazione. In Trattato di Agrumicoltura, 83-116. P. Spina (Ed.). Edagricole. Bologna.

Russo, F. and Spina, P. 1985. Varietà coltivate. In Trattato di Agrumicoltura, 117-156. P. Spina (Ed.). Edagricole. Bologna.

Rygg, G.L. and Getty, M. R. 1954. Seasonal changes in Arizona and California grapefruit. Technical Bull. 1130. USDA.

Sakovich, N. 1986. Lemon rootstocks for southern California. 2º Cong. Int. Soc. Citrus Nurserymen, 238-243.

Saunt, J. 1990. Citrus varieties of the world. Sinclair Int. Ltd. ISBN: 1-872960-00-6.

Scora, R.W.; Kumamoto, J.; Soost, R.K.; Nauer, E.M. 1982. Contribution to the origin of the grapefruit, *Citrus paradisi* (Rutaceae). Syst. Bot. 7:170-177.

Schneider, H.; Platt, R.G.; Bitters, W.P.; Burns, R.M. 1978. Diseases incompatibilities that cause decline in lemons. Citrograph, 63: 219-221.

Schneider, H.; Sakovich, N.J. 1984. Compatible rootstocks for lemon trees. Citrograph, 70(1): 17-24.

Shaked, A. 1990. Recent citrus rootstock trends in Israel. Proc. Int. Citrus Symp. Guangzhou, China, 92-102.

Serwey, R.A.; 1985. *Física*, Mc Graw-Hill.

SIAM. Servicio de Información Agraria de Murcia 2004. www imida.es

Sinclair, W. B. 1972. The Grapefruit. Its composition, physiology and products. Div. Sci., 660 pp.

Sites, J.W.; Reitz, H.J. and Deszyck, E.J. 1951. Some results on irrigation research with Florida citrus. Proc. Fla. State Hortic. Soc., 64: 71-79 pp.

Sites, J.W. and Deszyck, E.J. 1952. Effect of varying amount of potassium on yield and quality of Valencia and Hamlin oranges. Proc. Fla. Soc. Hortic. Soc., 65: 92-98.

Spina, P.; Rouso, F. y Suderi, A. 1985. Clima. In Trattato di Agrumicoltura. P. Spina (ed.). Edagricole. Bologna, pp. 157-181.

Stearns, Ch. R. Jr. y Young, G.T. 1942. The relation of climatic conditions to color development in citrus fruit. Proc. Fla. State Hortic. Soc., 56: 39-61.

Stein, E.R.; Brown, H.E. and Cruse, R.R. 1986. Seasonal and storage effects on color of red-fleshed grapefruit juice. J. Food Sci., 51: 574-576, 587.

Stewart, I. 1975. Influence of tree position of citrus fruit on their peel and juice color. Proc. Fla. State Hortic. Soc., 88: 312-314.

Stewart, I. 1980. Color as related to citrus quality. In: Citrus nutrition and quality. S. Nagy and J.A: Attaway (eds.). ACS Symp. Ser., 143, pp. 129-145.

Stewart, I. and Wheaton, T.A. 1971. Effects of ethylene and temperature on carotenoid pigmentation of citrus peel. Proc. Fla. State Hortic. Soc., 84: 264-266.

Stewart, I. and Wheaton, T.A. 1973. Carotenoids in citrus. Proc. 1st. Cong. Int. Citriculture, 2: 325-330.

Swingle, T.S. and Reece, P.C. 1967. The citrus Industry. Vol I: The botany of citrus and its wild relatives. Univ. Calif. Press, California. 190-432.

Syverstsen, J.P. and Albrigo, L.G. 1980. Some effects of grapefruit tree canopy position on microclimate, water relation, fruit yield and juice quality. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 71: 265-270

Timmer, L.W. 1979. Early performance of "Star Ruby" grapefruit on 9 rootstocks in a fine-textured calcareous soil. HortSc, 14(3): 225-227.

Ting, S.V.; Deszyck, E.J.; Sites, J.W. 1957. Measuring the internal color of Florida red and pink grapefruit with the Hunter color and color difference meter. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 71: 265-270.

Ting, S.V. 1958 Encymatic hydrolysis of naringin in grapefruit. J. Agric. Food Chem., 6: 546-549

Ting, S.V. and Deszyck, E.J. 1957. The internal color and carotenoid pigments of Florida red and pink grapefruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 71: 271-277.

Ting, S.V.; Huggart, R.L. and Ismail, M.A. 1980. Proc. Fla. State Hort. Soc., 93: 293-295.

Tribulato, E. y La Rosa, G. 1983. Comportamento del pompelmo "Star Ruby" in Sicilia. Atti del Convegno Internazionale, 247-259. Paternó (Catania)

UNE. 1978. Norma UNE 21.302. Parte 45. Vocabulario electrónico: iluminación

UNE. 1982a. Norma UNE 72.011 Detectores y receptores de energía radiante

UNE. 1982b. Norma UNE 72.012. Observador fotométrico UNE 1 para visión fotópica



UNE. 1982c. Norma UNE 72.013. Observador fotométrico UNE 2 para visión escotópica.

UNE. 1983a. Norma UNE 72.021. Magnitudes fotométricas

UNE. 1983b. Norma UNE 72.031. Magnitudes colorimétricas.

UNE. 1984. Norma UNE 40.080. Determinación de coordenadas cromáticas. CIE (1984)

UNE. 1985. Norma UNE 72.033. Expresión gráfica del color psicofísico de estímulos luminosos

Voss D. H 1992 Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. Hort Science, 27(12): 1256-1260.

Wutscher, H.K.; Shull, A.V. 1975. Yield, fruit quality, growth, and leaf nutrient levels of 14-year-old grapefruit, *Citrus paradisi* Macf., trees on 21 rootstocks. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100(3): 290-294.

Wright, G.C. and Peña, M.A. 2000. Evaluation of lemon scions for the Southwest Arizona lemon industry. Proc. Int. Soc. Citriculture, I: 508-510.

Yokoyama, H. and White, M. 1967a. Carotenoids in the flavedo of Marsh seedless grapefruit. J. Agr. Food Chem., 15: 693-696.

Yokoyama, H and Vandercook, C.E. 1967b. Citrus carotenoids. I. Comparison of carotenoids of mature-green and yellow lemons. J. Food Sci., 32: 42-48.

# ÍNDICE DE TABLAS



## ÍNDICE DE TABLAS

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabla 1.1.:</b> Evolución de la superficie en producción de limón en España (ha)  | 8      |
| <b>Tabla 1.2.:</b> Evolución de la producción de limón en España (Tm.)   | 8      |
| <b>Tabla 1.3.:</b> Producción (en t) actual y horizonte 2005-06 de limonero “Fino” y “Verna”   | 9      |
| <b>Tabla 1.4.:</b> Clasificación del pomelo y limonero según Swingle, (1967).  | 10     |
| <b>Tabla 1.5.:</b> Colores normalizados de los iluminantes   | 32     |
| <b>Tabla 1.6.:</b> Valores de $X_oY_oZ_o$ en función del iluminante.   | 38     |
| <b>Tabla 1.7.:</b> Valores de $Y, x, y$ de la placa base del colorímetro utilizado.  | 40     |
| <b>Tabla.4.1.:</b> Evolución de Parámetro <b>L</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 83     |
| <b>Tabla.4.2.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 85     |
| <b>Tabla.4.3.:</b> Evolución del Parámetro <b>b</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus Paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 87     |
| <b>Tabla.4.4.:</b> Evolución del Índice <b>a/b</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 89     |
| <b>Tabla.4.5.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 91     |
| <b>Tabla.4.6.:</b> Evolución de Chroma <b>C</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 93     |
| <b>Tabla.4.7.:</b> Evolución del índice <b>H</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 95     |
| <b>Tabla.4.8.:</b> Evolución del índice <b>S</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 96     |
| <b>Tabla.4.9.:</b> Evolución del índice <b>Q</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 98     |
| <b>Tabla.4.10.:</b> Evolución de la <b>apreciación visual</b> exterior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> . Macf.) en diferentes meses y años                                      | 100    |
| <b>Tabla 4.11.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las rectas de regresión de los índices colorimétricos en el exterior con la apreciación visual de las variedades estudiadas. | 102    |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabla 4.12.:</b> Evolución del parámetro <b>L</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 107    |
| <b>Tabla.4.13.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 108    |
| <b>Tabla 4.14.:</b> Evolución del parámetro <b>b</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 110    |
| <b>Tabla.4.15.:</b> Evolución del Índice <b>a/b</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 112    |
| <b>Tabla.4.16.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años   | 114    |
| <b>Tabla.4.17.:</b> Evolución del Índice <b>C</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 116    |
| <b>Tabla.4.18.:</b> Evolución del índice <b>H</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 118    |
| <b>Tabla.4.19.:</b> Evolución del Índice <b>S</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años  | 120    |
| <b>Tabla.4.20.:</b> Evolución del Índice <b>Q</b> interior y relaciones de la coloración interna de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años              | 121    |
| <b>Tabla.4.21.:</b> Evolución de la <b>apreciación. visual</b> interior de las variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) en diferentes meses y años                                       | 123    |
| <b>Tabla 4.22.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las rectas de regresión de los índices colorimétricos en el interior con la apreciación visual de las variedades estudiadas. | 125    |
| <b>Tabla 4.23.:</b> Evolución del parámetro <b>L</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.                   | 130    |
| <b>Tabla 4.24.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.                   | 131    |
| <b>Tabla 4.25.:</b> Evolución del parámetro <b>b</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre                                   |        |

|   | Página |
|---|--------|
| naranja amargo.   | 133    |
| <b>Tabla.4.26.:</b> Evolución del índice <b>a/b</b> exterior de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo.          | 134    |
| <b>Tabla 4.27.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo.            | 136    |
| <b>Tabla 4.28.:</b> Evolución del índice <b>C</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo.             | 137    |
| <b>Tabla 4.29.:</b> Evolución del índice <b>H</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo.             | 139    |
| <b>Tabla 4.30.:</b> Evolución del índice <b>S</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo.             | 140    |
| <b>Tabla 4.31.:</b> Evolución del índice <b>Q</b> externo de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranja amargo              | 142    |
| <b>Tabla.4.32.:</b> Evolución del parámetro <b>L</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 144    |
| <b>Tabla.4.33.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 146    |
| <b>Tabla.4.34.:</b> Evolución del parámetro <b>b</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 147    |
| <b>Tabla.4.35.:</b> Evolución del índice <b>a/b</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 149    |

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Tabla.4.36.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 150    |
| <b>Tabla.4.37.:</b> Evolución del índice <b>C</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 152    |
| <b>Tabla.4.38.:</b> Evolución del índice <b>H</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 153    |
| <b>Tabla.4.39.:</b> Evolución del índice <b>S</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 155    |
| <b>Tabla.4.40.:</b> Evolución del índice <b>Q</b> externo de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 156    |
| <b>Tabla 4.41.:</b> Evolución del parámetro <b>L</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.        | 158    |
| <b>Tabla 4.42.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.        | 160    |
| <b>Tabla 43.:</b> Evolución del parámetro <b>b</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.          | 161    |
| <b>Tabla 4.44.:</b> Evolución del índice <b>a/b</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.         | 163    |
| <b>Tabla 4.45.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.          | 164    |

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Tabla 4.46.:</b> Evolución del índice <b>C</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.             | 166    |
| <b>Tabla 4.47.:</b> Evolución del índice <b>H</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.             | 167    |
| <b>Tabla 4.48.:</b> Evolución del índice <b>S</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.             | 169    |
| <b>Tabla 4.49.:</b> Evolución del índice <b>Q</b> interno de los frutos de limonero durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre naranjo amargo.             | 170    |
| <b>Tabla.4.50.:</b> Evolución del parámetro <b>L</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 172    |
| <b>Tabla.4.51.:</b> Evolución del parámetro <b>a</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 174    |
| <b>Tabla.4.52.:</b> Evolución del parámetro <b>b</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 175    |
| <b>Tabla.4.53.:</b> Evolución del índice <b>a/b</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 177    |
| <b>Tabla.4.54.:</b> Evolución del índice <b>Ic</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .   | 178    |
| <b>Tabla.4.55.:</b> Evolución del índice <b>C</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> .    | 180    |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabla.4.56.:</b> Evolución del índice <b>H</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 181    |
| <b>Tabla.4.57.:</b> Evolución del índice <b>S</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 183    |
| <b>Tabla.4.58.:</b> Evolución del índice <b>Q</b> interno de los frutos de limón durante la maduración de las distintas variedades y clones injertadas sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 184    |
| <b>Tabla 4.59.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>L</b> de color externo.      | 187    |
| <b>Tabla 4.60 .:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de : IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>a</b> de color externo.    | 190    |
| <b>Tabla 4.61.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>b</b> de color externo.      | 193    |
| <b>Tabla 4.62.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>L</b> de color interno.      | 196    |
| <b>Tabla 4.63.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>a</b> de color interno.      | 200    |
| <b>Tabla 4.64.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con el parámetro <b>b</b> de color interno.      | 202    |
| <b>Tabla.-4.65.:</b> Valores absolutos de integral térmica y salto térmico en diferentes años en La Alberca (Murcia)   | 206    |
| <b>Tabla 4.66.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de : IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con los índices de color externo e interno.     | 206    |



|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabla 4.67.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de <b>Ic</b> exterior con IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades estudiadas.         | 206    |
| <b>Tabla 4.68.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de: IT, IT1, IT2, ST1, ST2, con los índices de color interno.              | 211    |
| <b>Tabla 4.69.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de <b>Ic</b> interior con: IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades estudiadas.        | 212    |
| <b>Tabla 4.70.:</b> Evolución de las temperaturas media y mínima en los años 2001, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.                                      | 216    |
| <b>Tabla 4.71.:</b> Evolución de las temperaturas media y mínima en los años 2002, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.                                      | 216    |
| <b>Tabla 4.72.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>L</b> externo de las variedades y clones estudiados.  | 216    |
| <b>Tabla 4.73.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>L</b> externo de las variedades y clones estudiados.                                | 216    |
| <b>Tabla 4.74.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>a</b> externo de las variedades y clones estudiados.  | 220    |
| <b>Tabla 4.75.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>a</b> externo de las variedades y clones estudiados.                                | 220    |
| <b>Tabla 4.76.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>b</b> externo de las variedades y clones estudiados.  | 223    |
| <b>Tabla.4.77.</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>b</b> externo de las variedades y clones estudiados.                                 | 223    |
| <b>Tabla 4.78.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>Ic</b> externo de las variedades y clones estudiados. | 226    |
| <b>Tabla.4.79.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>Ic</b> externo de las variedades y clones estudiados.                               | 227    |

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Tabla 4.80.:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>L</b> interno de las variedades y clones estudiados. | 230    |
| <b>Tabla 4.81.:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>L</b> interno de las variedades y clones estudiados.                               | 230    |
| <b>Tabla. 4.82:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>a</b> interno de las variedades y clones estudiados. | 233    |
| <b>Tabla.4.83:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>a</b> interno de las variedades y clones estudiados.                                | 234    |
| <b>Tabla 4.84:</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>b</b> interno de las variedades y clones estudiados.  | 236    |
| <b>Tabla 4.85:</b> Coeficiente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>b</b> interno de las variedades y clones estudiados.                                | 237    |
| <b>Tabla 4.86.</b> Coeficiente de correlación de regresiones polinomiales de orden dos, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>Ic</b> interno de las variedades y clones estudiados. | 240    |
| <b>Tabla 4.87.:</b> Cociente de correlaciones lineales, de las variaciones de $T^a$ med, con <b>Ic</b> interno de las variedades y clones estudiados.                                 | 240    |

# ÍNDICE DE FIGURAS



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Figura 1.1.:</b> Evolución de la superficie de pomelo en producción a lo largo de los años en España.  | 2      |
| <b>Figura 1.2.:</b> Variación de la producción a lo largo de los años del cultivo del pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.).                             | 3      |
| <b>Figura 1.3.:</b> Funciones colorimétricas CIE 1931   | 24     |
| <b>Figura 1.4.:</b> Diagrama de cromacidad CIE 1931   | 27     |
| <b>Figura 1.5.:</b> Claridad y croma del tono 5G  | 29     |
| <b>Figura 1.6.-</b> Rueda de colores Munsell  | 30     |
| <b>Figura 1.7.-</b> Espacio cromático de Munsell  | 31     |
| <b>Figura 1.8.:</b> Sistema de color 3D   | 33     |
| <b>Figura 1.9.:</b> Sólido del color  | 34     |
| <b>Figura 1.10.:</b> Diagrama de color <b>L a b</b>   | 34     |
| <b>Figura 1.11.:</b> Modificaciones relativas del tono de color   | 35     |
| <b>Figura 1.12:</b> Esquema general del proceso de maduración externa de los frutos cítricos.   | 57     |
| <b>Figura 4.1.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) | 83     |
| <b>Figura 4.2.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) | 85     |
| <b>Figura 4.3.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.) | 88     |
| <b>Figura 4.4.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>a/b</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.)  | 89     |
| <b>Figura 4.5.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>Ic</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.)   | 91     |
| <b>Figura 4.6.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>C</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.)    | 93     |
| <b>Figura 4.7.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>H</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.)    | 95     |
| <b>Figura 4.8.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>S</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi</i> Macf.)    | 97     |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 4.9.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>Q</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                   | 99  |
| <b>Figura 4.10.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>Apreciación visual</b> externo de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> ) | 101 |
| <b>Figura 4.11.:</b> Recta de regresión de <b>a/b</b> con <b>Apreciación Visual</b> nov. 1999   | 102 |
| <b>Figura 4.12.:</b> Recta de regresión de <b>a/b</b> con <b>Apreciación Visual</b> enero 2002  | 102 |
| <b>Figura 4.13.:</b> Recta de regresión de <b>Ic</b> con <b>Apreciación Visual</b> nov. 1999  | 103 |
| <b>Figura 4.14.:</b> Recta de regresión de <b>Ic</b> con <b>Apreciación Visual</b> enero 2000   | 104 |
| <b>Figura 4.15.:</b> Recta de regresión de <b>Q</b> con <b>Apreciación Visual</b> enero 2000  | 104 |
| <b>Figura 4.16.:</b> Recta de regresión de <b>Q</b> con <b>Apreciación Visual</b> marzo 2000  | 105 |
| <b>Figura 4.17.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )               | 107 |
| <b>Figura 4.18.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )               | 109 |
| <b>Figura 4.19.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )               | 111 |
| <b>Figura 4.20.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>a/b</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                | 113 |
| <b>Figura 4.21.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>Ic</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                 | 114 |
| <b>Figura 4.22.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>C</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                  | 116 |
| <b>Figura 4.23.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>H</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                  | 118 |
| <b>Figura 4.24.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>S</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                  | 121 |
| <b>Figura 4.25.:</b> Evolución de los valores medios del índice <b>Q</b> interno de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )                  | 122 |
| <b>Figura 4.26.:</b> Evolución de los valores medios de la <b>Apreciación visual</b> interna de las diferentes variedades de pomelo ( <i>Citrus paradisi Macf.</i> )      | 124 |
| <b>Figura 4.27.:</b> Recta de regresión de <b>a/b</b> con <b>Apreciación Visual</b> nov. 1999   | 125 |
| <b>Figura 4.28.:</b> Recta de regresión de <b>a/b</b> con <b>Apreciación Visual</b> enero. 2000   | 126 |
| <b>Figura 4.29.:</b> Recta de regresión de <b>Ic</b> con <b>Apreciación Visual</b> nov. 1999  | 127 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 4.30.:</b> Recta de regresión de <b>Ic</b> con Apreciación Visual enero. 2000  | 127 |
| <b>Figura 4.31.:</b> Recta de regresión de <b>Q</b> con Apreciación Visual nov. 1999   | 128 |
| <b>Figura 4.32.:</b> Recta de regresión de <b>Q</b> con Apreciación Visual enero 2000  | 128 |
| <b>Figura 4.33.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>L</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.             | 130 |
| <b>Figura 4.34.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>a</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.             | 132 |
| <b>Figura 4.35.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>b</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.             | 133 |
| <b>Figura 4.36.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>a/b</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.              | 135 |
| <b>Figura 4.37.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Ic</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.               | 136 |
| <b>Figura 4.38.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>C</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.                | 138 |
| <b>Figura 4.39.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>H</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.                | 139 |
| <b>Figura 4.40.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>S</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.                | 141 |
| <b>Figura 4.41.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Q</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.                | 142 |
| <b>Figura 4.42.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>L</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 144 |
| <b>Figura 4.43.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>a</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 146 |
| <b>Figura 4.44.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>b</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 148 |
| <b>Figura 4.45.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>a/b</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 4.46.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Ic</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 151 |
| <b>Figura 4.47.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>C</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 153 |
| <b>Figura 4.48.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>H</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 154 |
| <b>Figura 4.49.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>S</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 155 |
| <b>Figura 4.50.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Q</b> externo de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 157 |
| <b>Figura 4.51.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>L</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.           | 159 |
| <b>Figura 4.52.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>a</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.           | 160 |
| <b>Figura 4.53.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>b</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.           | 162 |
| <b>Figura 4.54.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>a/b</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.            | 163 |
| <b>Figura 4.55.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Ic</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.             | 165 |
| <b>Figura 4.56.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>C</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.              | 166 |
| <b>Figura 4.57.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>H</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.              | 168 |
| <b>Figura 4.58.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>S</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.              | 169 |
| <b>Figura 4.59.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Q</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre naranjo amargo.              | 171 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 4.60.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>L</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 173 |
| <b>Figura 4.61.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>a</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 174 |
| <b>Figura 4.62.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del parámetro <b>b</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> . | 176 |
| <b>Figura 4.63.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>a/b</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .  | 177 |
| <b>Figura 4.64.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Ic</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .   | 179 |
| <b>Figura 4.65.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>C</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .    | 180 |
| <b>Figura 4.66.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>H</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .    | 182 |
| <b>Figura 4.67.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>S</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .    | 183 |
| <b>Figura 4.68.:</b> Evolución de los valores medios de los dos años del índice <b>Q</b> interno de las diferentes variedades y clones estudiados sobre <i>Citrus macrophylla</i> .    | 185 |
| <b>Figura 4.69.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>L</b> exterior de la variedad Marsh.  | 188 |
| <b>Figura 4.70.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>L</b> exterior de la variedad Shambar.                                     | 188 |
| <b>Figura 4.71.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>L</b> exterior de la variedad Marsh.                                       | 188 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 4.72.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>L</b> exterior de la variedad Marsh.     | 188 |
| <b>Figura 4.73.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>L</b> exterior de la variedad Star Ruby. | 189 |
| <b>Figura 4.74.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>a</b> exterior de la variedad Marsh.      | 191 |
| <b>Figura 4.75.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>a</b> exterior de la variedad Río Red.    | 191 |
| <b>Figura 4.76.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>a</b> exterior de la variedad Shambar.   | 191 |
| <b>Figura 4.77.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>a</b> exterior de la variedad Shambar.   | 191 |
| <b>Figura 4.78.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>a</b> exterior de la variedad Star Ruby. | 191 |
| <b>Figura 4.79.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Shambar.    | 194 |
| <b>Figura 4.80.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Río Red     | 194 |
| <b>Figura 4.81.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Marsh      | 194 |
| <b>Figura 4.82.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Marsh      | 195 |
| <b>Figura 4.83.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Shambar.   | 195 |
| <b>Figura 4.84.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>b</b> exterior de la variedad Star Ruby. | 195 |
| <b>Figura 4.85.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>L</b> interior de la variedad Marsh.      | 197 |
| <b>Figura 4.86.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>L</b> interior de la variedad Shambar.   | 197 |
| <b>Figura 4.87.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>L</b> interior de la variedad Shambar.   | 197 |
| <b>Figura 4.88.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la  |     |

|  |     |
|--|-----|
| ST2 con el parámetro <b>L</b> interior de la variedad Star Ruby.   | 198 |
| <b>Figura 4.89.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>a</b> interior de la variedad Star Ruby.  | 199 |
| <b>Figura 4.90.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>a</b> interior de la variedad Shambar.   | 200 |
| <b>Figura 4.91.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>a</b> interior de la variedad Shambar.   | 200 |
| <b>Figura 4.92.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>a</b> interior de la variedad Shambar.   | 200 |
| <b>Figura 4.93.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Marsh.      | 202 |
| <b>Figura 4.94.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Star Ruby.  | 202 |
| <b>Figura 4.95.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Shambar.   | 203 |
| <b>Figura 4.96.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Star Ruby. | 203 |
| <b>Figura 4.97.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Marsh.     | 203 |
| <b>Figura 4.98.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el parámetro <b>b</b> interior de la variedad Río Red.   | 204 |
| <b>Figura 4.99.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color externo de la variedad Shambar.        | 207 |
| <b>Figura 4.100.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color externo de la variedad Río Red        | 207 |
| <b>Figura 4.101.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el Índice de color externo de la variedad Río Red.      | 207 |
| <b>Figura 4.102.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT2 con el Índice de color externo de la variedad Star Ruby.    | 208 |
| <b>Figura 4.103.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el Índice de color externo de la variedad Shambar.      | 208 |
| <b>Figura 4.104.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el Índice de color externo de la variedad Marsh.        | 208 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 4.105.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el Índice de color interno de la variedad Shambar   | 211 |
| <b>Figura 4.106.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT con el índice de color interno de la variedad Río Red.  | 212 |
| <b>Figura 4.107.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT1 con el índice de color interno de la variedad Shambar.   | 212 |
| <b>Figura 4.108.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la IT2 con el índice de color interno de la variedad Redblush.  | 212 |
| <b>Figura 4.109.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST1 con el índice de color interno de la variedad Río Red.   | 213 |
| <b>Figura 4.110.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la ST2 con el índice de color interno de la variedad Redblush.  | 213 |
| <b>Figura 4.111.:</b> Evolución de las temperaturas media y mínima en el año 2001, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.   | 217 |
| <b>Figura 4.112.:</b> Evolución de las temperaturas media y mínima en el año 2002, correspondientes al periodo anterior a las fechas de muestreo.   | 217 |
| <b>Figura 4.113.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.            | 218 |
| <b>Figura 4.114.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002             | 218 |
| <b>Figura 4.115.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>L</b> del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001 | 219 |
| <b>Figura 4.116.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>L</b> del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002  | 219 |
| <b>Figura 4.117.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.            | 221 |
| <b>Figura 4.118.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a                                    |     |

|   |     |
|---|-----|
| diciembre del año 2002.   | 221 |
| <b>Figura 4.119.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>a</b> del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001 | 222 |
| <b>Figura 4.120.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>a</b> del color externo del clon Eureka en los meses estudiados de 2002        | 222 |
| <b>Figura 4.121.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2001.         | 224 |
| <b>Figura 4.122.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2002.         | 224 |
| <b>Figura 4.123.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>b</b> del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001  | 225 |
| <b>Figura 4.124.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>b</b> del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001 | 225 |
| <b>Figura 4.125.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>Ic</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2001.        | 227 |
| <b>Figura 4.126.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>Ic</b> ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de septiembre a diciembre del año 2002.        | 228 |
| <b>Figura 4.127.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el Índice <b>Ic</b> del color externo de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001    | 228 |
| <b>Figura 4.128.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el Índice <b>Ic</b> del color externo de la variedad Fino 49 en los meses estudiados de 2001   | 229 |
| <b>Figura 4.129.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a                                    |     |

|   |     |
|---|-----|
| diciembre del año 2001.   | 231 |
| <b>Figura 4.130.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>L</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002             | 231 |
| <b>Figura 4.131.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>L</b> del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2001       | 232 |
| <b>Figura 4.132.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>L</b> del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002. | 232 |
| <b>Figura 4.133.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.            | 234 |
| <b>Figura 4.134.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>a</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002             | 234 |
| <b>Figura 4.135.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>a</b> del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2002  | 235 |
| <b>Figura 4.136.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>a</b> del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2002       | 235 |
| <b>Figura 4.137.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.            | 237 |
| <b>Figura 4.138.:</b> Evolución de los valores medios del parámetro <b>b</b> int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002             | 237 |
| <b>Figura 4.139.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>b</b> del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2001       | 238 |
| <b>Figura 4.140.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>b</b> del color interno del clon Eureka en los meses                           |     |

|   |     |
|---|-----|
| estudiados de 2002  | 238 |
| <b>Figura 4.141.:</b> Evolución de los valores medios del Índice <b>Ic</b> interno de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2001.           | 240 |
| <b>Figura 4.142.:</b> Evolución de los valores medios del Índice <b>Ic</b> interno. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura media, de octubre a diciembre del año 2002           | 241 |
| <b>Figura 4.143.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el Índice <b>Ic</b> del color interno del clon Fino 49 en los meses estudiados de 2002         | 241 |
| <b>Figura 4.144.:</b> Recta de regresión polinomial de orden 2 de la variación de la $T^a$ media con el parámetro <b>Ic</b> del color interno de la variedad Eureka en los meses estudiados de 2001 | 242 |





# ANEJOS

# **ANEJO N° 1**

**TABLAS DE CORRELACIONES LINEALES DE LOS PARÁMETROS  $L$ ,  $a$  Y  $b$  EXTERIOR E INTERIOR DE LAS VARIEDADES DE POMELO ESTUDIADAS, CON  $IT$ ,  $IT1$ ,  $IT2$ ,  $ST1$ ,  $ST2$**



**A.1.- TABLAS DE CORRELACIONES LINEALES DE LOS PARÁMETROS L, a Y b EXTERIOR E INTERIOR DE LAS VARIEDADES DE POMELO ESTUDIADAS, CON IT, IT1, IT2, ST1, ST2.**

**Tabla A.1.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de los parámetros **L** a y **b** exterior con IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades de pomelo estudiadas.

| Correlaciones lineales | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|------------------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| <b>L</b> ext con IT    | -0.8349 | -0.7654  | -0.8802 | -0.5716   | -0.8802 | -0.8257  | -0.4493   |
| <b>L</b> ext con T 1   | 0.1610  | 0.0804   | 0.2325  | -0.2126   | 0.2325  | 0.1370   | -0.3338   |
| <b>L</b> ext con IT 2  | 0.3149  | -0.1260  | 0.1841  | 0.1162    | 0.1841  | 0.0644   | -0.2281   |
| <b>L</b> ext con ST 1  | 0.7441  | 0.7438   | 0.8195  | 0.5182    | 0.3756  | 0.7753   | 0.4059    |
| <b>L</b> ext con ST 2  | 0.1215  | 0.2921   | 0.2657  | 0.0010    | 0.3196  | 0.2429   | -0.0615   |
| <b>a</b> ext con IT    | -0.7366 | -0.8355  | -0.7048 | -0.8749   | -0.7048 | -0.5449  | -0.0700   |
| <b>a</b> ext con T 1   | 0.0544  | 0.1751   | -0.0222 | 0.5309    | -0.0222 | -0.0575  | -0.6570   |
| <b>a</b> ext con IT 2  | 0.4659  | -0.0180  | 0.3756  | 0.6865    | 0.3756  | 0.6867   | -0.3822   |
| <b>a</b> ext con ST 1  | 0.6108  | 0.8044   | 0.5854  | 0.7726    | 0.5854  | 0.3870   | 0.0322    |
| <b>a</b> ext con ST 2  | -0.0743 | 0.3241   | -0.0936 | 0.2286    | -0.0936 | -0.3331  | -0.3212   |
| <b>b</b> ext con IT    | -0.8435 | -0.7257  | -0.7075 | -0.3220   | -0.7075 | -0.7587  | -0.6213   |
| <b>b</b> ext con T 1   | 0.1884  | 0.1016   | -0.0479 | 0.2188    | -0.0479 | 0.0477   | 0.0499    |
| <b>b</b> ext con IT 2  | -0.0089 | -0.2960  | 0.0061  | -0.8214   | 0.0061  | -0.0652  | -0.4687   |
| <b>b</b> ext con ST 1  | 0.8122  | 0.7395   | 0.6479  | 0.4736    | 0.6479  | 0.7222   | 0.6648    |
| <b>b</b> ext con ST 2  | 0.3317  | 0.9995   | 0.0969  | 0.7187    | 0.0969  | 0.2284   | 0.4339    |

\*Nivel de significación, P> 95%

**Tabla A.1.2.:** Coeficiente de correlaciones lineales, obtenidos de las matrices de Pearson de los parámetros **L** a y **b** interior con IT, IT1, IT2, ST1, ST2 de las variedades de pomelo estudiadas.

| Correlaciones lineales | Marsh   | Redblush | Shambar | Star Ruby | Rio Red | Ray Ruby | Henderson |
|------------------------|---------|----------|---------|-----------|---------|----------|-----------|
| <b>L</b> int con IT    | 0.2793  | -0.0140  | -0.2369 | -0.2121   | -0.2369 | -0.0888  | -0.2945   |
| <b>L</b> int con T 1   | -0.8223 | -0.7319  | -0.5666 | -0.5843   | -0.5666 | -0.6827  | -0.5132   |
| <b>L</b> int con IT 2  | -0.5789 | -0.1963  | -0.0506 | 0.0512    | -0.0506 | -0.1193  | -0.1003   |
| <b>L</b> int con ST 1  | -0.2826 | -0.0632  | 0.1432  | 0.1000    | 0.1432  | 0.0003   | 0.2133    |
| <b>L</b> int con ST 2  | -0.4173 | -0.5019  | -0.4016 | -0.4797   | -0.4016 | -0.4896  | -0.3166   |
| <b>a</b> int con IT    | -0.7576 | 0.6652   | 0.7140  | 0.5075    | 0.7140  | 0.2890   | 0.8378    |
| <b>a</b> int con T 1   | 0.9908* | -0.3848  | -0.2450 | 0.1124    | -0.2450 | 0.4209   | -0.6008   |
| <b>a</b> int con IT 2  | 0.2988  | -0.8821  | -0.7633 | -0.6668   | -0.7633 | -0.4680  | -0.7498   |
| <b>a</b> int con ST 1  | 0.7999  | -0.5223  | -0.5670 | -0.3385   | -0.5670 | -0.1238  | 0.7377    |
| <b>a</b> int con ST 2  | 0.8148  | 0.0483   | 0.0884  | 0.3755    | 0.0884  | -0.5652  | -0.2439   |
| <b>b</b> int con IT    | -0.3922 | -0.3181  | -0.7064 | -0.3066   | -0.7064 | 0.4620   | -0.3564   |
| <b>b</b> int con T 1   | -0.4002 | -0.4313  | 0.1893  | -0.4800   | 0.1893  | -0.3152  | -0.1953   |
| <b>b</b> int con IT 2  | 0.2536  | 0.3796   | 0.7267  | 0.2367    | 0.7267  | 0.3290   | 0.7418    |
| <b>b</b> int con ST 1  | 0.2597  | 0.1645   | 0.5580  | 0.1713    | 0.5207  | 0.3242   | 0.1730    |
| <b>b</b> int con ST 2  | -0.4045 | -0.5177  | -0.1159 | -0.4792   | 0.5580  | -0.3622  | -0.5184   |

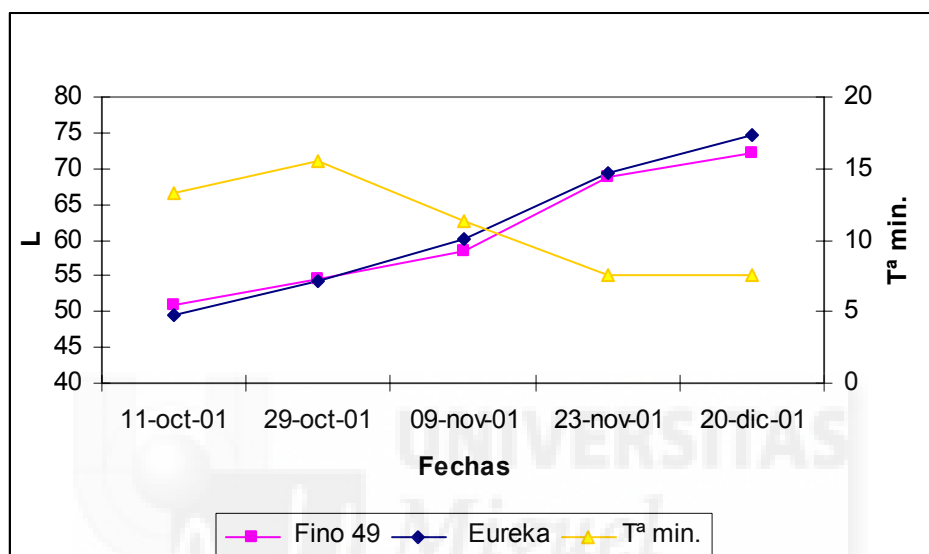
\*Nivel de significación, P> 95%

# **ANEJO N° 2**

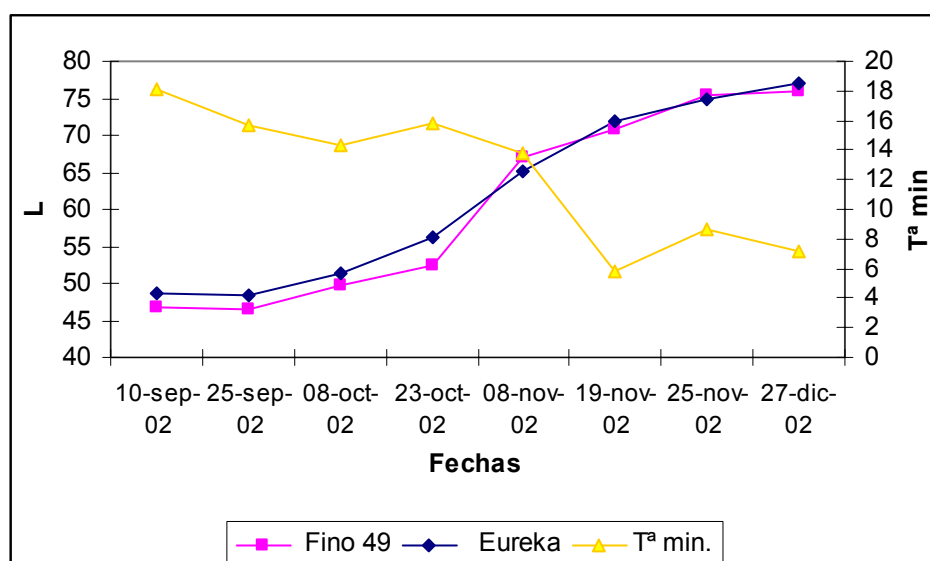
**FIGURAS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA MÍNIMA EN LA EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO E INTERNO DE LAS VARIEDADES Y CLONES DEL LIMÓN INJERTADOS SOBRE NARANJO AMARGO.**

**A.2.- FIGURAS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA MÍNIMA EN LA EVOLUCIÓN DEL COLOR EXTERNO DE LAS VARIEDADES Y CLONES DEL LIMÓN INJERTADOS SOBRE NARANJO AMARGO.**

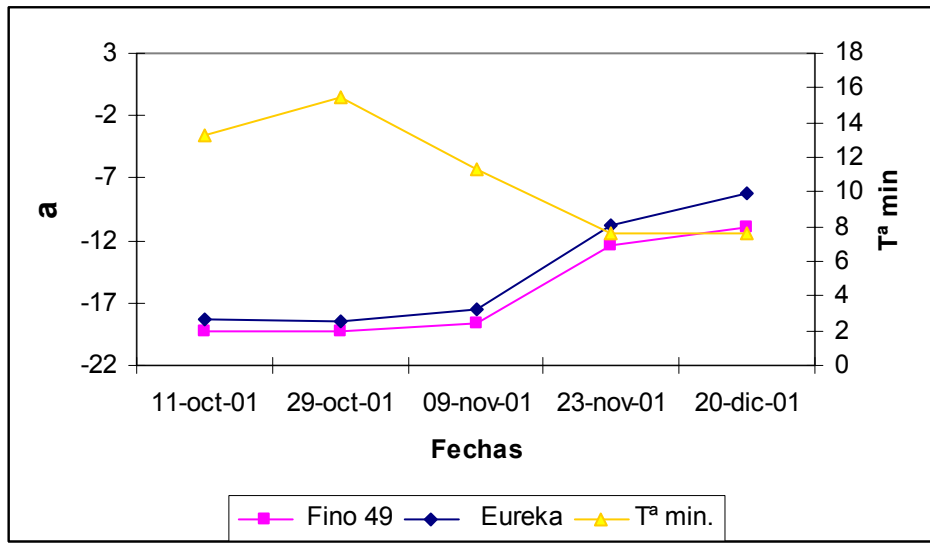
**Figura A.2.1.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.



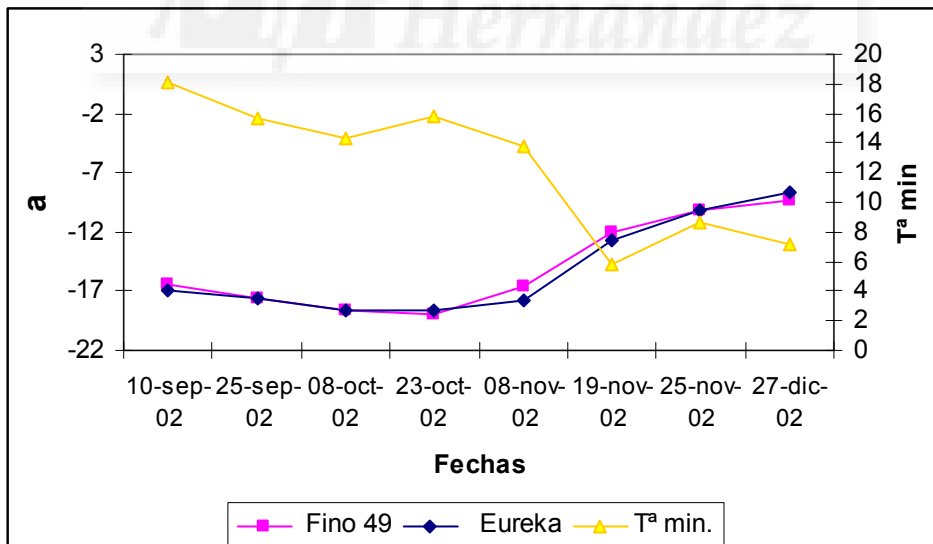
**Figura A.2.2.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.



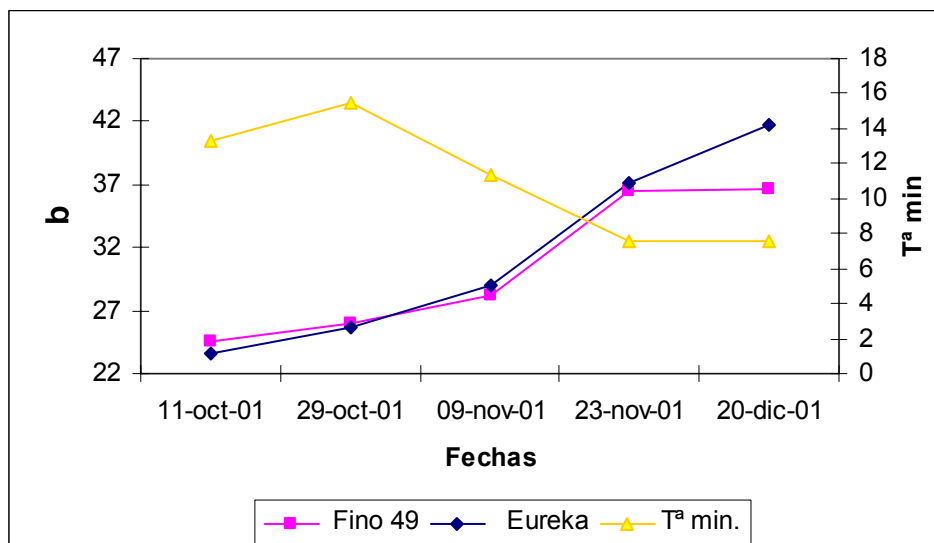
**Figura A.2.3.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.



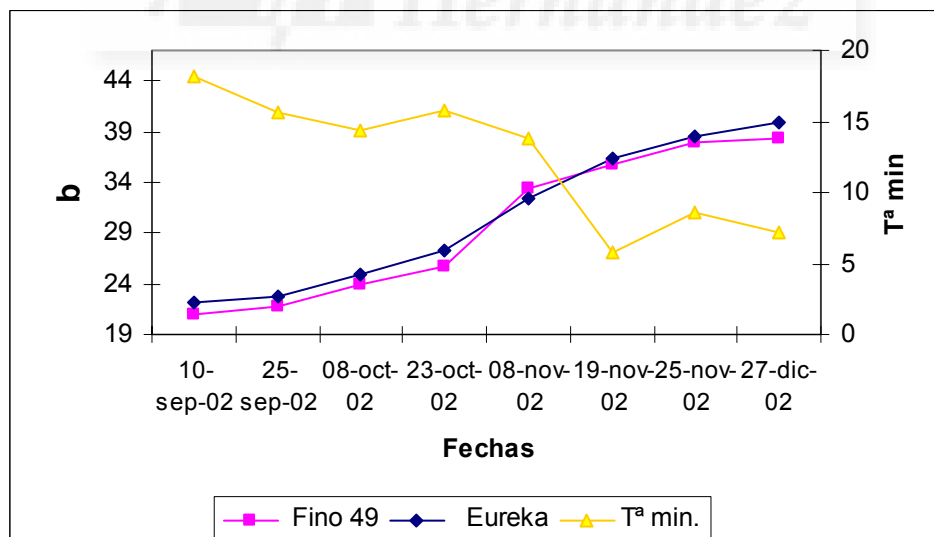
**Figura A.2.4.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.



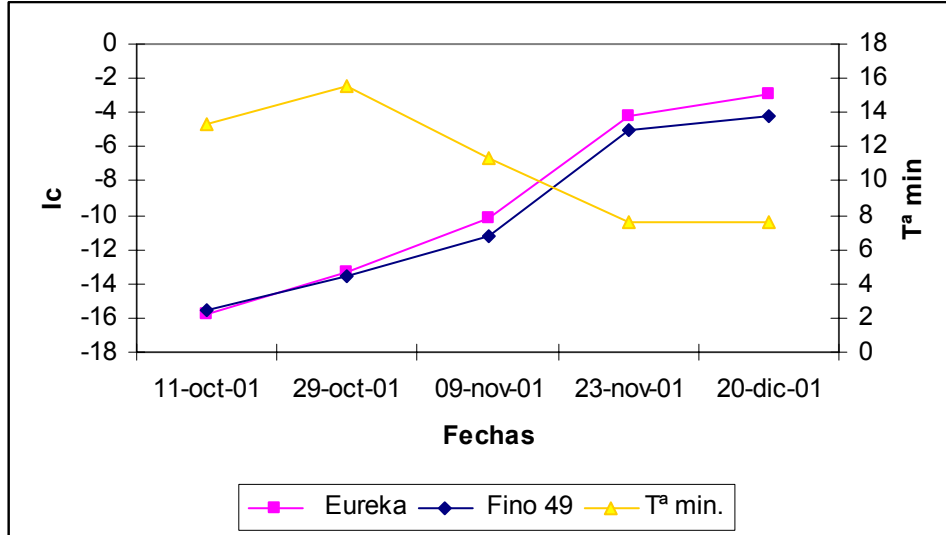
**Figura A.2.5.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de septiembre a diciembre del año 2001.



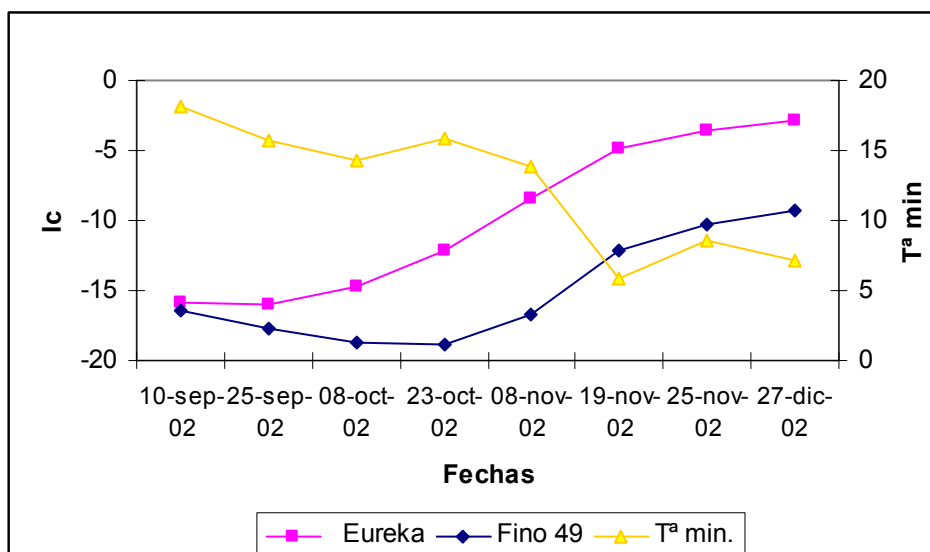
**Figura A.2.6.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de septiembre a diciembre del año 2002.



**Figura A.2.7.:** Evolución de los valores medios del parámetro Ic ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de septiembre a diciembre del año 2001.

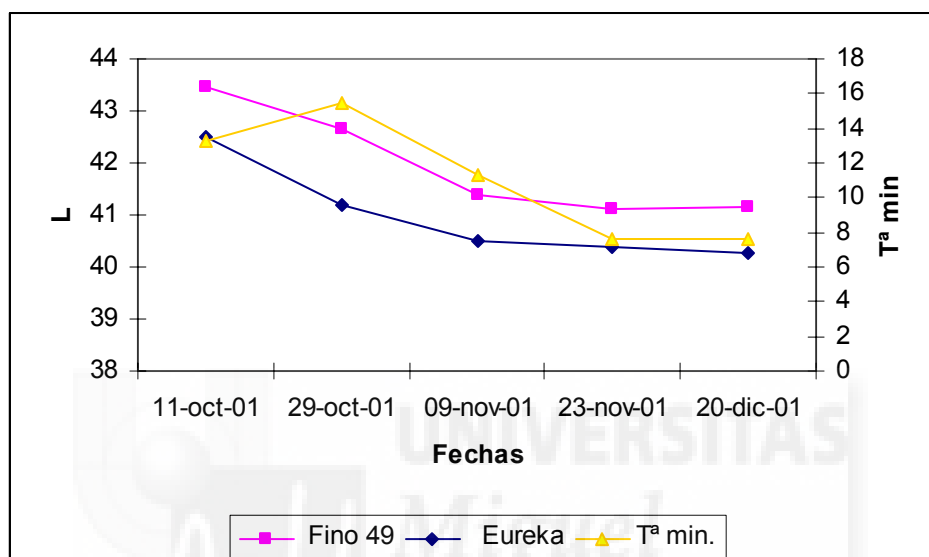


**Figura A.2.8.:** Evolución de los valores medios del parámetro Ic ext. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de septiembre a diciembre del año 2002.

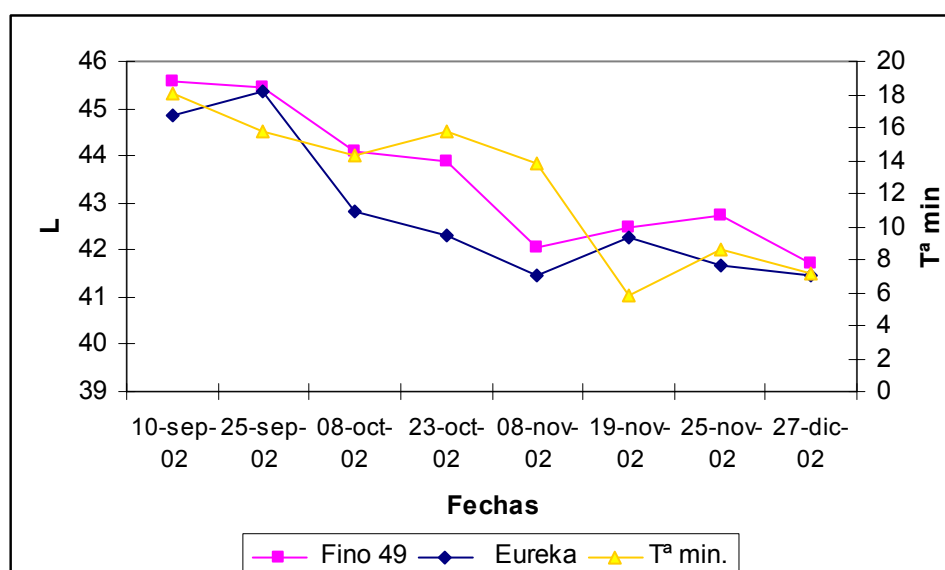


**A.2.- FIGURAS DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA MÍNIMA EN LA EVOLUCIÓN DEL COLOR INTERNO DE LAS VARIEDADES Y CLONES DE LIMÓN INJERTADOS SOBRE NARANJO AMARGO.**

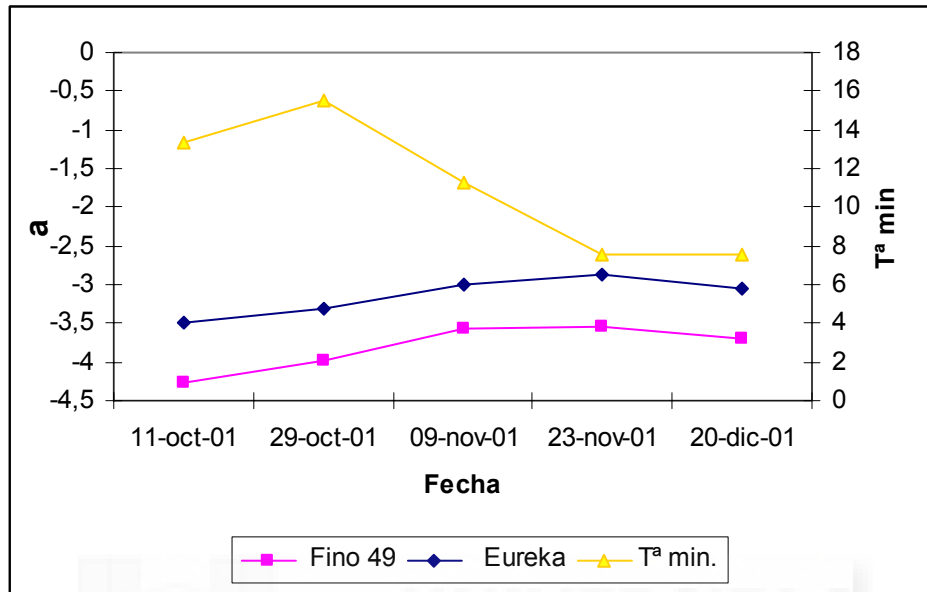
**Figura A.2.9.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.



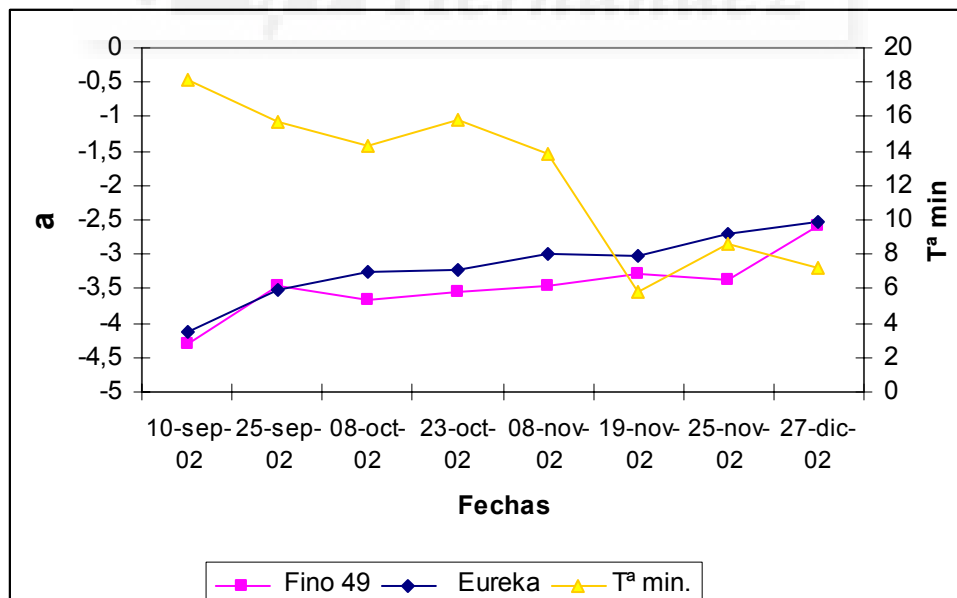
**Figura A.2.10.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $L$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.



**Figura A.2.11.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.

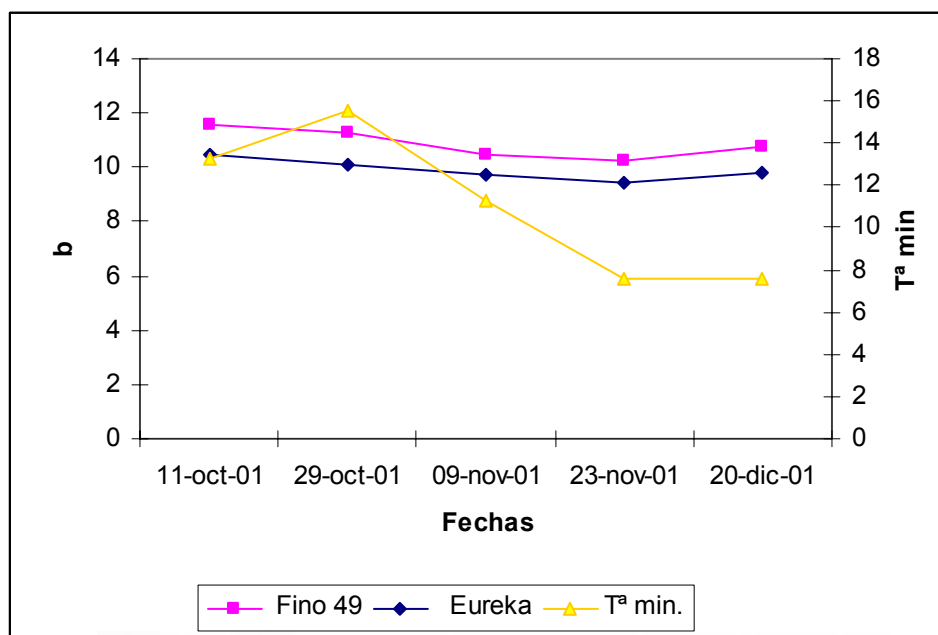


**Figura A.2.12.:** Evolución de los valores medios del parámetro  $a$  int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.

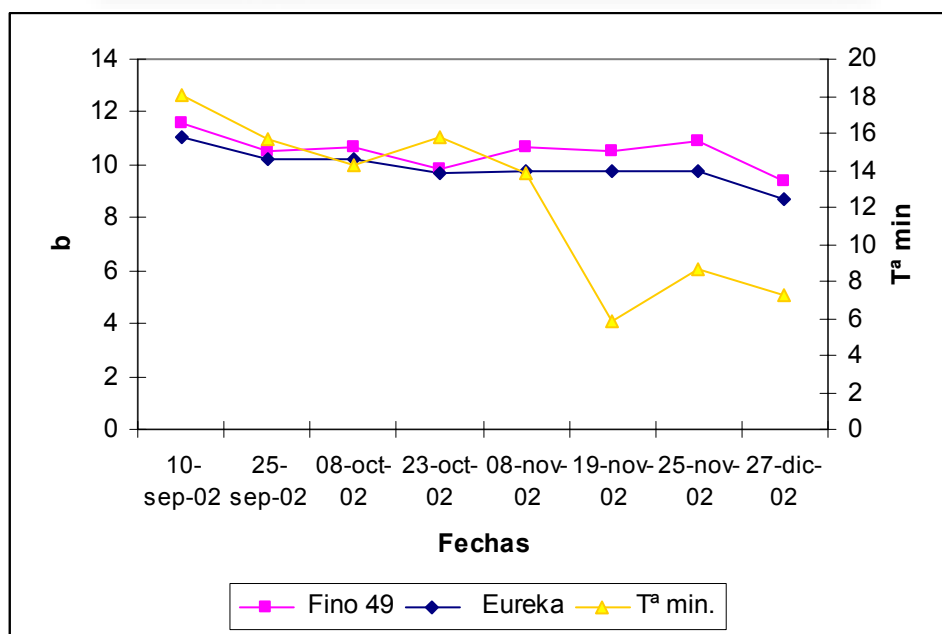




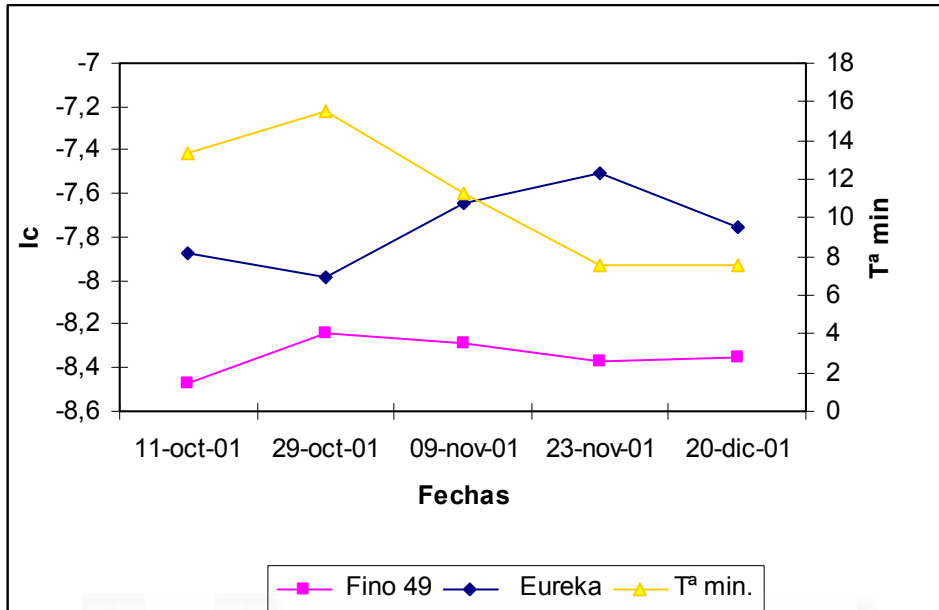
**Figura A.2.13.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.



**Figura A.2.14.:** Evolución de los valores medios del parámetro **b** int. de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.



**Figura A.2.15.:** Evolución de los valores medios del Índice **Ic** interno de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2001.



**Figura A.2.16.:** Evolución de los valores medios del Índice **Ic** interno de la variedad Eureka y el clon Fino 49 con la temperatura mínima, de octubre a diciembre del año 2002.

