ITEA (2004), Vol. **100V N.° 3,** 173-186

NUEVO ÍNDICE DE DENSIDAD DE CARGA EN CEREZAS *PRUNUS AVIUM* CVS. 'RAINIER' Y 'BING', SU RELACIÓN CON EL TAMAÑO, CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES Y DISTRIBUCIÓN DE CALIBRES

E. Tersoglio[1], M.L. Rivero[2], C. Aruani[1], M. Quiroga[2]

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Dirección San Martín 3.853 Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. CC3 CP5507.

RESUMEN

Existen trabajos sobre la relación entre los índices de carga y su correspondiente calidad cerezas (peso, contenido de sólidos solubles y color) en el cerezo. Para establecer tales relaciones en las condiciones locales de la provincia de Mendoza, Argentina, se inició un estudio sobre las cvs. 'Rainier' y 'Bing' con los siguientes objetivos: 1) establecer las relaciones cuantitativas entre los diferentes índices de carga y del tamaño del fruto así como identificar el mejor modelo; 2) determinar la relación del índice de carga seleccionado con el color del fruto y los sólidos solubles; 3) analizar la distribución de los tamaños de fruto según el índice de carga seleccionado y 4) estimar la fracción del fruto exportable para cada nivel de carga. Se seleccionaron los árboles según el área del corte transversal del tronco (TCSA). Los diferentes índices de carga se elaboraron sobre la base del número de frutos, dardos y hojas. La estimación del volumen de la rama de carga se basó en la longitud y en el área de corte transversal. Se incluyó en estos índices el peso del fruto, el color y los sólidos solubles. Los resultados mostraron una importante correlación entre el índice de carga expresado como "número de frutos/TCSA" y el peso medio de los frutos, los sólidos solubles. No se observó relación entre peso y color. En cada cv. se obtuvo un modelo diferente de relación carga-peso. Se observó una relación inversa entre la carga y la fracción de fruto de mayor tamaño.

Palabras clave: Cerezo, índice de carga, contenido de sólidos solubles.

SUMMARY

NEW CROP LOAD INDEX ON SWEET CHERRY *PRUNUS AVIUM* CVS. 'RAINIER' Y 'BING', ITS RELATIONSHIP WITH SIZE, SOLUBLE SOLIDS CONTAIN AND THE DISTRIBUTION OF FRUIT ROWS

On sweet cherry trees a relationship between crop load index and fruit quality (fruit weight, soluble solids contain and colour) has been reported by several authors. In order to establish these relations for the local conditions of Mendoza, Argentina, we started an experiment on sweet cherry trees cvs. 'Rainier' and 'Bing' with the following objectives: 1) to establish the quantitative relationships of different crop load indexes and fruit size, and to identify the best model; 2) to determine the relationship between the crop load

1. Laboratorio de Fruticultura. EEA Mendoza-INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.
2. Centro de Estudios de Postcosecha. EEA Mendoza-INTA. CC3. (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

index selected with fruit colour and soluble solids; 3) to analyse the distribution of fruit sizes according to the crop load index selected, and 4) to estimate the fraction of exportable fruit for each crop load level. These trees for the study were selected based on trunk cross sectional area (TCSA). Several crop load indexes were elaborated based on number of fruits, spurs, and leaves. Branch volume was estimated based on branch length and cross sectional area. Fruit weight, colour, and soluble solids were also included in the indexes. The results showed a strong correlation between the crop load index (number of fruit / TCSA) and fruit weight, and between crop load index and soluble solids, but not with fruit colour. For each sweet cherry cv. a different model of the relation crop load:fruit weight was obtained. There was an inverse relation between crop load and the fraction of fruit with larger sizes.

Key words: sweet cherry, crop load index, fruit size, solid soluble contains.

Introducción

La mayoría de los productos frutícolas comercializados son previamente clasificados por su calidad, generalmente definida por el tamaño color y sabor. Los precios obtenidos están directamente relacionados con la calidad del producto. Es decir que con un mayor grado de calidad se obtendrán mejores precios pagados al productor y aumentarán las ventas de los exportadores. (TERSOGLIO, 2001; SCHOTZKO, 1989).

Si bien todos los componentes de la calidad de las cerezas son importantes, el tamaño es el parámetro más destacado desde el aspecto comercial en las variedades rojas. Sin embargo en aquellos cultivares bicolores como 'Rainier' además del tamaño, la presencia de color rojo es igualmente importante ya que cuanto mayor sea el grado de cobertura más alta es la calidad.

Han sido identificados varios factores que pronostican la calidad de los frutos en la cosecha. Entre los más importantes están: la fecha de la anthesis, ubicación de la fruta dentro de la copa del árbol, el diámetro del ovario al momento de la fecundación y la densidad carga frutal (ROPER y LOESCHER, 1987). Los frutos pertenecientes a yemas florales con anthesis más tempranas producen frutos más grandes que aquellos que lo hicieron después. Frutos sobre madera joven son más grandes y contienen mayor cantidad de sólidos solubles que aquellos que están sobre madera vieja y sombreada. Los frutos que crecen sobre ramas poco iluminadas maduran más lentamente, son más blandos, tienen poco color y menores sólidos solubles que aquellos que están sobre ramas bien iluminadas (PATTERN *et al.*, 1986).

Facteau (1983) establecieron una relación entre la carga frutal expresada como el ln del número de hojas por frutos y el peso medio de los frutos a un determinado grado de color en las cvs. 'Lambert' y 'Bing'. LOESCHER y MCCAMANT (1988) encontraron una relación de causalidad entre el área foliar por fruto y el peso medio de los frutos por ramillete. Pero no fue posible establecer una relación entre el índice 'frutos por ramillete' con el peso medio de los frutos debido a la existencia de otras fuentes de fotosintatos además de las hojas de los ramilletes.

En trabajos previos se encontró una relación entre el índice de carga expresado como el número de frutos (F) por área de

sección transversal (AST) media de la rama cargadora y el peso medio de sus frutos cosechados a color constante en la cv. 'Bing'. La carga frutal está positivamente correlacionada con los sólidos solubles (TERSOGLIO, 2001).

ROPER y LOESCHER (1987) demostró la existencia de una relación entre la carga frutal expresada como área foliar por fruto con el tono del color y los sólidos solubles en la cv. 'Bing'. Las pendientes de los modelos de ajuste, debido a su naturaleza cuadrática, muestran que el área foliar no incrementa fuertemente ambos parámetros de calidad a partir de cierto umbral. Por lo tanto, aunque aumente la superficie foliar, el color y los sólidos solubles permanecen casi constantes. TERSOGLIO (2001) encontró que la firmeza de la pulpa, los sólidos solubles y el tono del color rojo de las cerezas cv 'Bing' disminuyen a medida que aumenta la carga frutal expresada como F/AST. La naturaleza asintótica de las funciones halladas en la firmeza y los sólidos solubles determina un punto de inflexión en alrededor de 50 frutos cm^{-2} a partir del cual a medida que aumenta la carga estos parámetros de calidad no se modifican grandemente.

Los estudios realizados hasta la fecha muestran relaciones entre los diversos índices de carga y calidad de la fruta obtenida en las cv. 'Bing' y 'Lambert', no existiendo antecedentes de índices que consideren las dimensiones de las ramas cargadoras en cerezos, como así también son escasos los trabajos realizados en tal sentido sobre la cv. 'Rainier'.

El objetivo del presente trabajo fue: 1) establecer las relaciones cuantitativas entre los diferentes índices de carga estudiados y el diámetro medio de los frutos de la cvs. 'Rainier' y 'Bing'; 2) seleccionar un índice de carga que optimice la relación con el diámetro medio de frutos y que a la vez sea fácilmente observable y calculable con un equipamiento sencillo; 3) estudiar la relación de ajuste entre el índice de carga seleccionado y los componentes de la calidad: color y sólidos solubles y 4) analizar la distribución de los calibres de frutos clasificados según el índice seleccionado y estimar la correspondiente proporción de frutos con diámetros exportables en cada nivel de densidad de carga.

Materiales y métodos

El ensayo fue realizado en la localidad de Mayor Drumond, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina (34° de Latitud Sur). Con una edad de 12 años las plantas de los cvs. 'Rainier' y 'Bing' estaban injertadas sobre el portainjerto de semilla de *P. avium*. El inicio de floración fue el día 15-09-02. Los árboles fueron seleccionados por su AST del tronco, de modo tal que todas las plantas tuviesen un tamaño semejante. El estudio de la cv. 'Bing' se realizó en 24 ramas de 12 plantas. Mientras en la cv. 'Rainier' se estudió el comportamiento de 36 ramas ubicadas en 9 plantas con AST semejante.

Dentro de cada planta fueron seleccionadas dos ramas sanas con dardos crecidos sobre madera de 2 y 3 años. Cada rama se consideró una unidad experimental.

Se realizaron las siguientes mediciones para el cálculo de los índices:

- Número de frutos (F).
- Longitud de la rama expresada en cm.
- AST media de la rama expresada en cm^2. Para su cálculo se requiere efectuar tres mediciones, base, medio y extremo de la rama a estudiar.

• Volumen de la rama expresado en cm^3. Se calcula a partir de las dos mediciones anteriores.

• Número de ramilletes.

• Número de hojas.

Para determinar la calidad de los frutos se midieron las siguientes variables:

• Peso individual de cada fruto de cada repetición.

• Color rojo de cobertura: con un colorímetro Minolta modelo CR 300, que mide las variables brillo (L*), color verde al rojo (a*) y color azul al amarillo (b*). Con las dos últimas se calculó el tono como la tag^{-1} ($a^*.b^{*-1}$) * 100. y la intensidad de color como la raíz cuadrada de la suma de a* y b*. La muestra analizada estuvo compuesta por 10 frutos por rama. El porcentaje rojo de cobertura fue evaluado como la proporción de frutos con cobertura mayor del 50% de su superficie.

• Contenido de sólidos solubles (CSS): mediante un refractómetro marca ATAGO con compensación automática por temperatura. Cada muestra estuvo compuesta por 10 frutos.

A partir de los datos obtenidos se calcularon los siguientes índices de carga:

• Número de frutos por unidad de longitud. Expresado como frutos cm^{-1}.

• Número de frutos por unidad de AST media de la rama cargadora en estudio. Expresado como frutos cm^{-2}.

• Número de frutos por hoja.

• Número de frutos por ramillete.

Se analizaron las relaciones entre los índices de densidad de carga calculados y el peso medio de los frutos para ambas variedades. Cada índice de carga frutal en estudio explica a través de un modelo matemático de regresión la relación causa efecto de ambas variables.

El rango de carga frutal según el índice F/AST, dentro del cual se estableció cada relación, fue de 20 a 220 frutos cm^{-2} en 'Rainier' y de 30 a 224 en 'Bing'.

El análisis estadístico utilizado para las variables firmeza de la pulpa, CSS, rojo de cobertura, tono e intensidad del color rojo fue ANOVA y la comparación de medias utilizada fue "LSD" de Fisher mediante el programa 'Statgraph 5.0'.

La normalidad de las curvas de distribución de calibres fue establecida con el método de c^2. Luego de se estimaron las proporciones de frutos con diámetros mayores de 24 mm. Para establecer los modelos de regresión fue utilizaron los programas informáticos Table Curve 2D y Statistix 1.0. La comparación de regresiones se realiza por el método de las regresiones anidadas, a través de la incorporación a la base de datos de variables 'dummies' que identifican los datos de 'Rainier' y 'Bing' respectivamente. Su posterior análisis se realiza a partir de la P de la dummy del nuevo modelo de regresión y del cálculo de F a partir de las suma de cuadrados de los errores (MENDENHALL and SINCICH, 1995).

Resultados

Relaciones entre índices de carga y diámetro medio de los frutos de la cv. 'Rainier'

La selección del modelo y consecuente índice de densidad de carga se realiza a través de los estadísticos de la tabla 1 y 2 que indican el resultado de los análisis de las variedades 'Rainier' y 'Bing' respectivamente.

Cuadro 1. Parámetros estadísticos de los modelos de ajuste var. 'Rainier'
Table 1. Statistical parameters of the fitted models cv. Rainier

Var. Independiente	Var. Dependiente	Modelo	R^2 ajust	Probabilidad Modelo	Error estándar
Frutos cm^{-1}	Diámetro	$y=a^{(-x/b)}$	0,52	P< 0,005	1,42
Frutos cm^{-2}	medio	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,72	P< 0,001	1,09
Frutos por hoja	de los frutos	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,56	P< 0,005	1,37
Frutos por ramillete	mm	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,40	P< 0,005	1,59

Cuadro 2. Parámetros estadísticos de los modelos de ajuste var. 'Bing'
Table 2. Statistical parameters of the fitted models cv. Bing

Var. Independiente	Var. Dependiente	Modelo	R^2 ajust	Probabilidad Modelo	Error estándar
Frutos cm^{-1}	Diámetro	$y^{0.5}=a+be^{-x}$	0,68	P< 0,005	1,00
Frutos cm^{-2}	medio	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,75	P< 0,001	0,88
Frutos por hoja	de los frutos	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,36	P< 0,05	1,66
Frutos por ramillete	mm	$y=a+b((x)^{-1})^{0.5}$	0,50	P< 0,005	1,26

Los cuadros 1 y 2 muestran que el índice de carga expresado como número de frutos por cm^{-2} de AST media de la rama frutal presenta modelos de ajuste con probabilidad estadística y con los errores estándar más bajos en cada variedad. Además se observa que ambos modelos poseen el mayor coeficiente de determinación R^2 72% y 75% en 'Rainier' y 'Bing' respectivamente. Por lo tanto, el índice de carga establecido como número de frutos cm^{-2} de AST de la rama cargadora es el que mejor explica la variabilidad del diámetro medio de los frutos en una rama determinada.

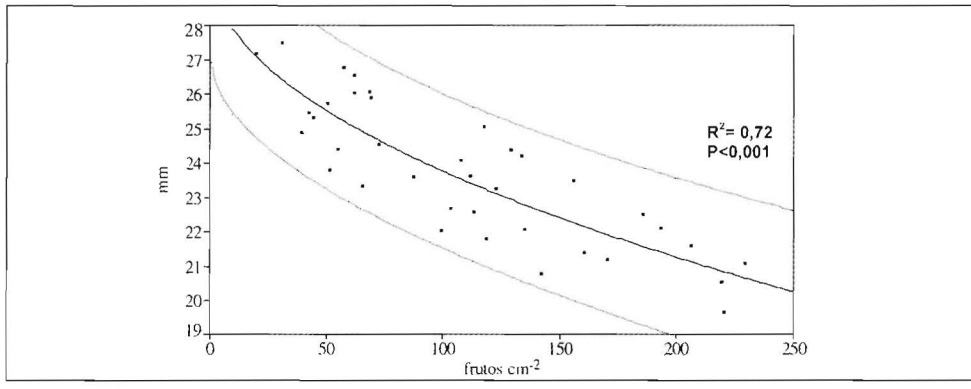


Figura 1. Relación entre la densidad de carga (frutos · cm^{-2}) y el tamaño medio de los frutos (mm) cv 'Rainier'.
Figure 1. Relationship between crop load (fruit · cm^{-2}) and average fruit size (mm) cv. Rainier.

La figura 1 muestra que la curva de ajuste con probabilidad estadística de la función estimada de la cv. 'Rainier' es igual al diámetro medio de los frutos por rama cargadora = 29,78 – 0,6043 carga frutal (expresada en fr · $cm^{-2})^{0,5}$.

La figura 2 muestra una curva semejante de la función carga-diámetro medio para la cv. 'Bing', la cual establece que el diámetro medio de los frutos por rama cargadora es igual a la diferencia entre 26,52 y el producto entre – 0,5332 y la raíz cuadrada de la carga.

Ambas funciones explican el 72% y el 75% respectivamente de la variabilidad observada en el tamaño medio de los frutos por AST media de las ramas cargadoras de las variedades 'Rainier' y 'Bing'. Las líneas vecinas que se observan a los costados de cada curva establecen los límites de predicción para un nivel de confianza del 95%.

Se observa que ambos modelos poseen pendientes negativas de modo tal que cuando aumenta la carga, el tamaño medio de los frutos disminuye.

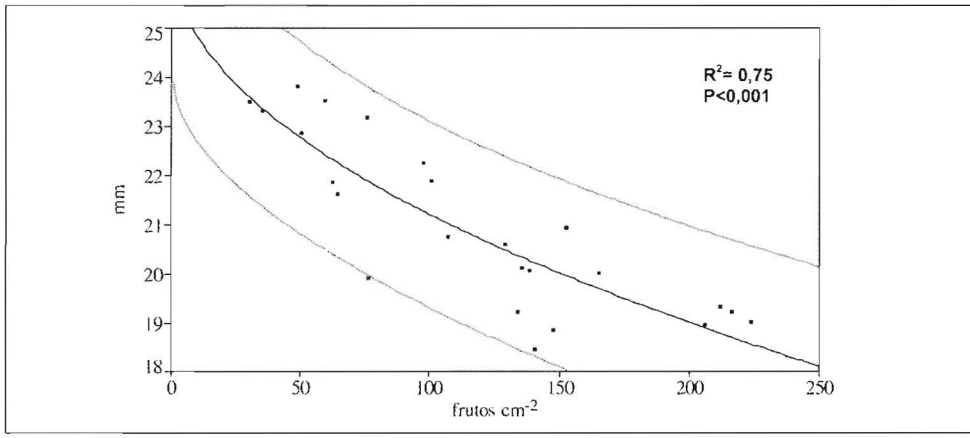


Figura 2. Relación entre la densidad de carga (frutos · cm^{-2}) y el tamaño medio de los frutos (mm) cv 'Bing'.

Figure 2. Relationship between crop load (fruit · cm^{-2}) and average fruit size (mm) cv. Bing.

Comparación de ambas curvas de respuesta

Con el objeto de establecer si las funciones matemáticas descritas estiman datos que pertenecen a un misma población o que si ambas variedades poseen una función carga-diámetro de fruto diferente, se realiza una prueba de comparación de modelos de regresión. La misma se efectúa comparando un modelo de regresión denominado "reducido" ya que no considera el efecto cultivar y otro llamado "completo" el cual posee el aporte de información realizada por variables "dummies" que permite discriminar ambas variedades y sus correspondientes interacciones (MENDENHALL and SINCICH, 1995).

El valor de $F_{calculado}$ es de 48,16. Mientras que el del F_{01} es 3,65. Por lo tanto si el $F_{calculado}$ es mayor que el $F_{tabulado}$ indica que hay suficiente evidencia para establecer que existe diferencia en las respuestas a la carga frutal que producen ambas variedades. Consecuentemente se indica, a un nivel de confianza del 99%, que ambos modelos predictivos son necesarios para describir las

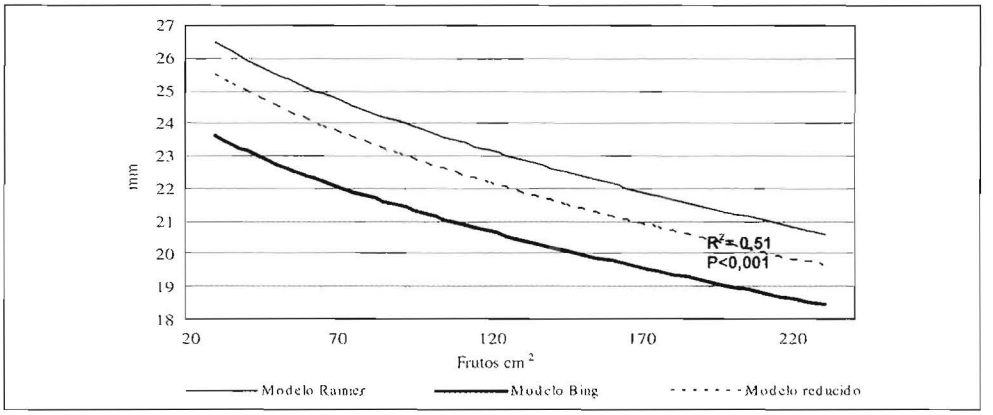


Figura 3. Comparación de las curvas de respuesta.
Figure 3. Comparing response curves.

relaciones entre carga y diámetro medio de los frutos. Confirmándose que cada uno de aquellos describe el comportamiento de una variedad. La figura 3 muestra la curva correspondiente al modelo reducido en la cual se integran los datos de ambas variedades en una sola y las curvas correspondientes a cada cultivar por separado. Por lo tanto para obtener un diámetro de fruto de 24 mm en la cv. 'Bing' es necesario una carga frutal de aproximadamente 30 frutos cm^{-2}, mientras que la cv 'Rainier' requiere una carga cercana a los 90 frutos cm^{-2} lo que indica una mayor capacidad de la cv. 'Rainier' para obtener mejores calibres.

Relaciones entre índice de carga frutal con el CSS% y el color

El comportamiento del CSS% respecto de la carga expresada como fr cm^{-2} de ambas variedades está vinculado a la densidad de la carga frutal. Las figuras 4 y 5

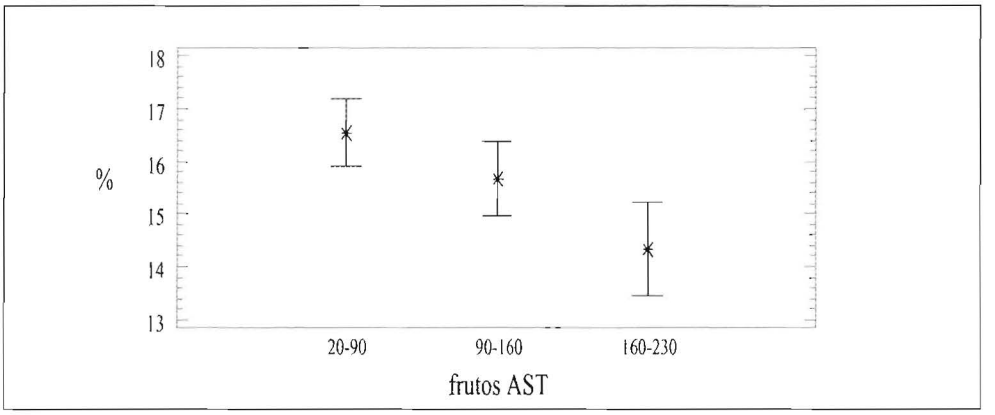


Figura 4. Efecto de la carga frutal sobre el CSS cv. 'Rainier'. LSD 95%.
Figure 4. Crop load effect on SSC cv. Rainier.

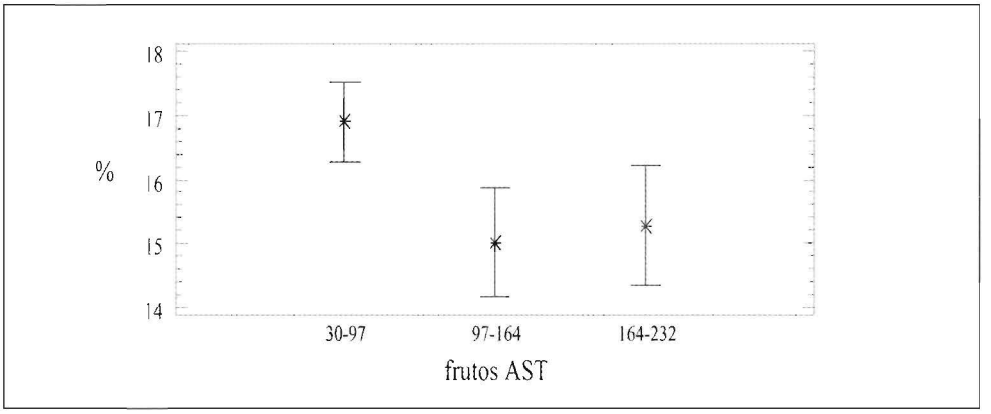


Figura 5. Efecto de la carga frutal sobre el CSS cv. 'Bing'. LSD 95%.
Figure 5. Crop load effect on SSC cv. Bing.

muestran que, en ambas cultivares, a medida que aumenta la densidad de carga disminuye la concentración de azúcares en los frutos aun nivel de confianza del 95%. Este comportamiento es semejante al hallado por ROPER y LOESCHER (1987) en la cv 'Bing'.

Los componentes del color de cobertura, brillo, tono, intensidad y porcentaje de frutos con más de la mitad de su superficie coloreada de rojo, no presentan diferencias significativas cuando se modifica la densidad de carga en la rama.

Estimación de la distribución de frecuencias de tamaño de fruto según la carga frutal

Las figuras 6 y 7 muestran las distribuciones normales de las frecuencias relativas de diámetros de frutos, según los modelos obte-

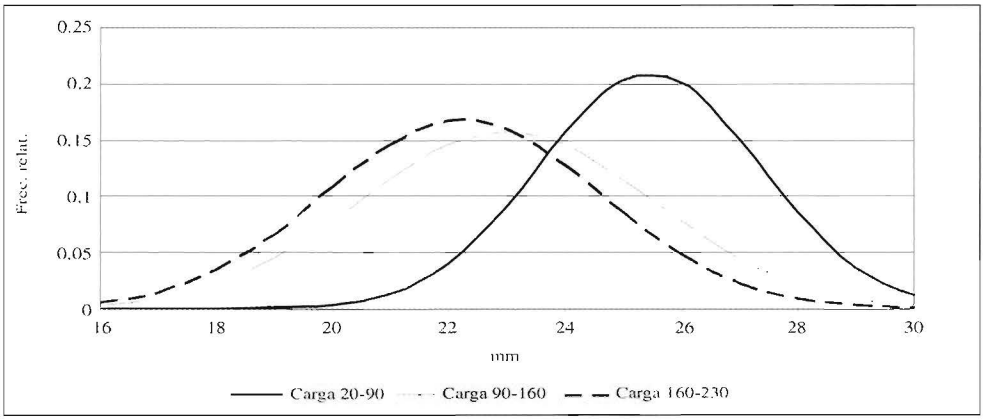


Figura 6. Distribución de frecuencias relativas según cargas frutales cv. 'Rainier'.
Figure 6. Relative fruit frequency distribution classified according to crop load cv. 'Rainier'.

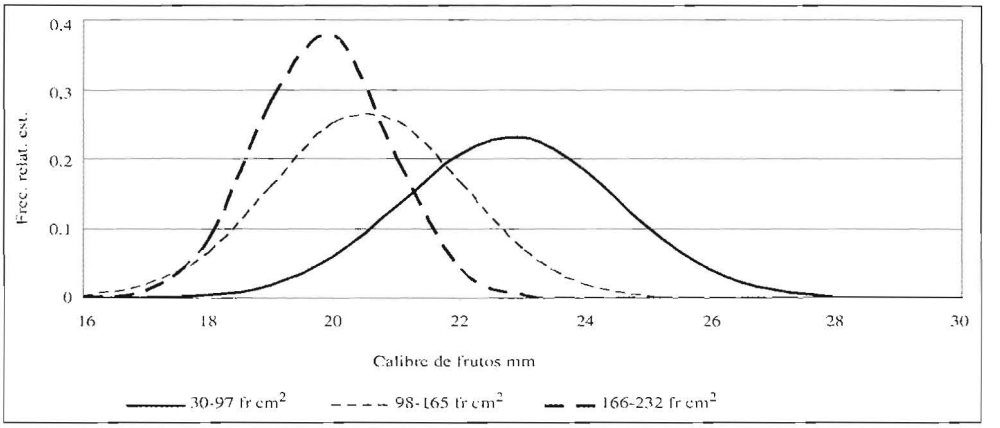


Figura 7. Distribución de frecuencias relativas según cargas frutales cv. 'Bing'.
Figure 7. Relative fruit frequency distribution classify according to crop load cv. 'Bing'.

nidos, correspondientes a tres intervalos de densidad de carga frutal F/AST: 20-90, 90-160 y 160-220 F cm^{-2} en la cv. 'Rainier' y 30-97, 97-164 y 164-232 F cm^{-2} en la cv. 'Bing'.

En ambas figuras se observa que a medida que aumenta F/AST, hacia la derecha del eje de ordenada, disminuye la frecuencia estimada de frutos con diámetros mayores. Por lo que a mayor F/AST las distribuciones tienden a desplazarse hacia la izquierda, produciendo mayor proporción de frutos pequeños. Se destaca que la distribución de frecuencias de la cv 'Bing' correspondiente a la mayor densidad de carga produce una alta proporción de frutos pequeños respecto del resto, indicando además que esta cultivar posee una menor capacidad de producir fruta grande cuando las cargas son altas respecto de cv. 'Rainier'.

Los cuadros 3 y 4 muestran los porcentajes expresados en peso de frutos de cada

Cuadro 3. Porcentajes expresados en g%g de fruta exportada según diámetro de fruto y densidad de carga cv. 'Rainier'
Table 3. Fraction expressed g%g of exported fruit related to fruit size and crop load index cv Rainier

Tamaño (mm)	Destino	Niveles de carga (frutos cm^{-2}) 20-90	90-160	160-230
< 20	Descarte	0,19	10,51	17,36
20 - 24	M. Int./Desc.	5,81	24,74	32,10
24 - 26	Exp. eventual	33,45	35,93	33,70
26 - 28	Exportación	39,70	20,60	13,56
28 - 32	Exportación	20,57	8,00	3,25
> 32	Exportación	0,27	0,22	0,03
Total exportado (> 26 mm) en g%g		60,5	28,8	16.8

tamaño según las densidades de carga en las cultivares 'Rainier' y 'Bing' respectivamente.

Se consideran frutos de exportación cuando los mismos alcanzan un diámetro mayor de 26 mm en la cultivar 'Rainier' y de 24 mm en la 'Bing'.

En ambos cuadros se observa un incremento de la proporción de fruta exportada cada vez que son reducidas las densidades de carga.

El cuadro 3 indica que por cada 100 kg de frutos de 'Rainier' producidos sobre ramas que poseen una densidad de carga que oscila entre 20 y 90 frutos por cm^{-2} de AST media son producidos 60,5 kg de cerezas con calibres mayores de 26 mm.

El cuadro 4 muestra que cuando 'Bing' posee cargas que oscilan entre 100 y 230 frutos cm^{-2} no se obtienen frutos exportables, mientras que cuando la carga frutal está entre 30 a 97 frutos cm^{-2} de AST el 21,82 % de la producción puede ser comercializada en el exterior.

Cuadro 4. Porcentajes expresados en g%g de fruta exportada según diámetro de fruto y densidad de carga cv. 'Bing'

Table 4. Fraction expressed g%g of exported fruit related to fruit size and crop load index cv Bing

Tamaño (mm)	Destino	Niveles de carga (frutos cm^{-2}) 30-97	97-165	165-232
< 20	Descarte	4,79	37,92	66,83
20 - 22	M. Int./Desc.	29,0	48,88	32,57
22 - 24	Exportación ocasional o M.I.	44,4	12,59	0,60
24 - 26	Exportación	19,4	0,61	0,00
26 - 28	Exportación	2,37	0,01	0,00
> 28	Exportación	0,08	0,00	0,00
Total exportado (> 24 mm) en g%g		21,82	0,61	0,00

Discusión

El crecimiento de la cereza corresponde a un modelo doble sigmoideo donde la fase inicial de crecimiento es exponencial. La tasa de crecimiento, durante esa fase, se debe a la multiplicación y al agrandamiento de sus células. Posteriormente DeJong y Goudriaan (1989) encontraron que la tasa de acumulación de materia seca en los frutos de hueso presentan dos etapas diferentes y que la mayor demanda de carbohidratos no estructurales (CNE) se observa en la etapa inicial. Por lo que el nivel de reservas de CNE afecta al desarrollo de los frutos durante la primera etapa de crecimiento. Faust (1989) estableció que los frutos de mayor tamaño poseen mayor número de células (más de 3,7 x) que los pequeños debido a una mayor disponibilidad de reservas durante la etapa inicial de crecimiento del fruto.

Al momento de la antesis la única fuente de fotositatos es aquella reservada por la raíz durante la temporada anterior (FLORE y DESMOND, 1996). En el cerezo cerca de la mitad de las reservas son de almidón. La raíz posee un contenido de almidón de hasta un 20% sobre el peso seco. La madera de los troncos y de las ramas principales si bien tiene grandes variaciones posee pocos carbohidratos y su comportamiento está relacionado con el transporte más que con el almacenaje (LOESCHER y MCCAMANT, 1988).

Según LOESCHER y MCCAMANT (1988) el número de flores en una planta de 10 años puede, fácilmente, alcanzar las 47.000 y todas ellas se comportan como sumideros. Según FAUST (1989) el periodo entre la antesis y el fin de la etapa de división celular del fruto es de 4 semanas. Si además se considera que entre floración y cosecha hay cerca de 60 días y que la exportación de fotosintatos de las hojas se inicia cuando la expansión foliar alcanza el 27% del total es decir unos 17 días después del inicio de la foliación ó 25 días desde el inicio de floración (KAPPES y FLORE, 1986).

En guindo otra fuente de fotosintatos es la fotosíntesis que realizan los frutos durante sus primeros estadios (KAPPES y FLORE, 1986). Sin embargo esta fuente es responsable sólo del 19,4% de los hidratos de carbono utilizados. Prácticamente toda la fase I de crecimiento del fruto se cumple a expensas de las reservas de CNE (FLORE y DESMOND, 1999). De modo tal que la mayoría de los recursos necesarios para el crecimiento del fruto provienen del transporte de reservas.

Según HOPKINS (1995) el reparto de los asimilados entre ambos sumideros depende de tres factores: a) La naturaleza de las conexiones vasculares entre la fuente y el sumidero por lo que la traslocación es facilitada claramente por las conexiones vasculares directas entre la fuente (raíz) y los frutos o las hojas (sumideros). Al igual que todas las especies del género *Prunus* los tubos cribosos presentan una estructura espacial de series de tubos radiales largos y continuos. De modo tal que a medida que la rama tiene mayor diámetro el número de tubos cribosos también se incrementa (ESAU, 1959). b) La proximidad del sumidero a la fuente. Generalmente cuanto mayor es el diámetro de la rama cargadora más cerca está de las ramas principales. c) La fuerza del sumidero, el modelo de reparto de los asimilados de reserva de frutales de hueso establece que los frutos en la etapa I de crecimiento poseen mayor fuerza para acumular metabolitos que el de las hojas. Es por ello que los árboles con alta carga frutal poseen una menor expansión foliar con un escaso incremento del área de sección transversal (FLORE y LAYNE, 1999). Este último concepto explica la relación entre el índice de carga y la concentración de los sólidos solubles en los frutos.

El índice de densidad F/AST propuesto relaciona un sumidero que posee gran capacidad de atraer CNE desde la raíz con una medida que establece la facilidad de efectuar tal transporte. Tal concepto justifica el alto grado de ajuste obtenido por el índice presentado respecto del resto propuesto en los antecedentes. El estudio realizado sobre los demás índices de densidad de carga revela que si bien todos explican en cierto grado la variabilidad del tamaño medio de los frutos, ninguno de ellos posee el poder explicativo de este.

El cambio del color de los frutos se debe al desarrollo de cromoplastos que derivan de los cloroplantos presentes en los parén-

quimas de los frutos. Sin embargo el color de los frutos no sólo es explicado por la desaparición de la clorofila sino además por la síntesis de nuevas moléculas de pigmentos flavonoides. Dentro de ese grupo de pigmentos están las antocianas y sus glicósidos, las antocianinas, que son los responsables del color de las cerezas. Estos se acumulan en las vacuolas. El color de las antocianinas es fuertemente afectado por el pH ya que en un medio ácido el color es rojo, mientras que en uno alcalino es azul (TIMBERLAKE, 1982). Los cambios de color que se realizan en el fruto suceden durante el desarrollo de la fase III por lo que tales procesos son llevados a cabo mucho después que las hojas han alcanzado el nivel de exportación de fotosíntatos. Por lo tanto es razonable que el índice en estudio no ajuste con los parámetros que componen el color.

Conclusiones

- El índice de carga F/AST expresado como número de frutos por cm^{-2} de AST de la rama cargadora en estudio explica convenientemente la variabilidad observada del diámetro medio de los frutos en las cvs. 'Rainier' y 'Bing'.

- La carga frutal medida como F/AST influye sobre el contenido de sólidos solubles pero no sobre los componentes del color y el rojo de cobertura.

- Cada variedad posee un modelo único que describe la relación entre F/AST y el tamaño medio de frutos.

- A medida que aumenta F/AST disminuye la proporción de frutos con diámetros mayores.

ANEXO I

Cuadro 1. Parámetros estadísticos de los modelos de ajuste var. 'Rainier'
Table 1. Statistical parameters of the fitted models cv. Rainier

Var. Independiente	Var. Dependiente	Modelo	R^2 ajust	Probabilidad Modelo	Error estándar
Frutos cm^{-1}	Diámetro	$y=a^{(-x/b)}$	0,52	P< 0.005	1,42
Frutos cm^{-2}	medio	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,72	P< 0.001	1,09
Frutos por hoja	de los frutos	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,56	P< 0.005	1,37
Frutos por ramillete	mm	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,40	P< 0.005	1,59

Cuadro 2. Parámetros estadísticos de los modelos de ajuste var. 'Bing'
Table 2. Statistical parameters of the fitted models cv. Bing

Var. Independiente	Var. Dependiente	Modelo	R^2 ajust	Probabilidad Modelo	Error estándar
Frutos cm^{-1}	Diámetro	$y^{0.5}=a+be^{-x}$	0,68	P< 0.005	1,00
Frutos cm^{-2}	medio	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,75	P< 0.001	0,88
Frutos por hoja	de los frutos	$y=a+b\ x^{0.5}$	0,36	P< 0.05	1,66
Frutos por ramillete	mm	$y=a+b((x)^{-1})^{0.5}$	0,50	P< 0.005	1,26

Cuadro 3. Porcentajes expresados en g%g de fruta exportada según diámetro de fruto y densidad de carga cv. 'Rainier'

Table 3. Fraction expressed g%g of exported fruit related to fruit size and crop load index cv Rainier

Tamaño (mm)	Destino	Niveles de carga (frutos cm^{-2}) 20-90	90-160	160-230
< 20	Descarte	0,19	10,51	17,36
20 - 24	M. Int./Desc.	5,81	24,74	32,10
24 - 26	Exp. eventual	33,45	35,93	33,70
26 - 28	Exportación	39,70	20,60	13,56
28 - 32	Exportación	20,57	8,00	3,25
> 32	Exportación	0,27	0,22	0,03
Total exportado mayor de 26 mm		60,5	28,8	16,8

Cuadro 4. Porcentajes expresados en g%g de fruta exportada según diámetro de fruto y densidad de carga cv. 'Bing'

Table 4. Fraction expressed g%g of exported fruit related to fruit size and crop load index cv. Bing

Tamaño (mm)	Destino	Niveles de carga (frutos cm^{-2}) 30-97	97-165	165-232
< 20	Descarte	4,79	37,92	66,83
20 - 22	M. Int./Desc.	29,0	48,88	32,57
22 - 24	Exportación ocasional o M.I.	44,4	12,59	0,60
24 - 26	Exportación	19,4	0,61	0,00
26 - 28	Exportación	2,37	0,01	0,00
> 28	Exportación	0,08	0,00	0,00
Total exportado mayor de 24 mm		21,82	0,61	0,00

Bibliografía

DeJong T.M., Goundarian J., 1989. Modeling peach fruit growth and carbohydrate requirements: reevaluation of the double-sigmoid pattern. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:513-515.

Esau K., 1959. Anatomía Vegetal. Barcelona Omega. pp. 281-319.

Facteau T., 1983. Relation between fruit weight, firmness, and leaf/fruit ratio in Lambert and 'Bing' sweet cherries. Canadian of Journal of Plant Science 63:763-765.

Faust M., 1989. Fruiting. In: Physiology of temperate zone fruit trees. Wiley-Interscience publication. p. 338.

Flore J.A., Desmond R.L., 1996. Prunus In: Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-Sink relationships. M. Dekker, Inc. pp. 825-842.

FLORE J.A., LAYNE D.R., 1999. Photoassimilate Production and distribution in cherry. HortScience Vol. 34(6) 1015-1019, October 1999.

HOPKINS W.G., 1995. Introduction to Plant Physiology. Chapter 11: Translocation and Distribution of photoassimilates. pp. 213-230, New York John Wiley.

KAPPES E.M., FLORE J.A., 1986. Carbohydrato balance models for "Montmorency" sour cherry leaves, shoots and fruits during development. Acta Hort. 184:123-127.

LOESCHER W., MCCAMANT T., 1988. Photosynthesis and Storage of tree food Reserves. In: Proceedings of the third international cherry symposium. Oregon. p. 299.

MENDENHALL W., SINCICH T., 1995. Statistics for engineering and the sciences. Fourth edition. New Jersey, Prentice hall. (741-749) p. 787.

PATTERN K., PATTERSON D.M.E., PROEBSTING E.L., 1986. Factors accounting for the within tree variation of fruit quality in sweet crerries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:356-360.

ROPER T.R., LOESCHER W.H., 1987. Relationships between leaf area per fruit quality in 'Bing' sweet cherry. HortScience 22(6):1273-1276.

SCHOTZKO R.T., 1989. Washington Sweet Cherry Characteristics: Fruit size and cullage rates. Cooperativa Extension College of Agriculture. WSU. Bulletin EB 1544.

TERSOGLIO E., 2001. Perspectivas del cultivo del cerezo en la República Argentina. Asociación Cooperadora de la EEA Mendoza INTA Argentina. P. 70.

TIMBERLAKE C.F., BRIDLE P., 1982. In: Recent Advances in biochemistry of fruit and vegetables (J.Friends and M. J. C. Rodhes eds) pp. 221-247 Academic Press London.

(Aceptado para publicación el 6 de septiembre de 2004).