

# CRECIMIENTO DE FRUTOS Y RAMAS DE MANZANO 'ANNA' (*Malus domestica* Borkh) CULTIVADO EN LOS ALTIPLANOS COLOMBIANOS

Fruits and shoots growth of 'Anna' apple trees (*Malus domestica* Borkh) grown in the Colombian highlands

Fanor Casierra-Posada<sup>1</sup>, Dora I. Hernandez<sup>2</sup>, Peter Lüdders<sup>3</sup> y Georg Ebert<sup>3</sup>

## S U M M A R Y

Growth curves of fruits and shoots in relation to time after full bloom of "Anna" apple trees growth at 2470 m altitude were determined in Paipa (Colombia). The evaluated parameters in fruits every four days were: fresh weight, dry weight, length /diameter ratio of fruits. Shoot growth was measured at the same periodicity that by fruits. The regression equations for evaluated parameters are reported in this paper. The fresh weight increase of fruits was slow until 46 days after full bloom (dafb), then it was quickly until 62 dafb; among 62 and 74 dafb appeared a slow growth phase again; and finally, the growth intensity increased until the ripening time. The dry weight increase of fruits was slow until 58 dafb; and then it was quickly until 94 dafb and finally decreased from 94 dafb. The length /diameter ratio decreased until 90 dafb and then it stabilized. Shoots grew quickly until 70 dafb, and then their growth intensity decreased among 70 and 94 dafb; and finally, their growth delayed from 94 dafb. With this information it is possible to make a more rationale plan for some culture activities at this apple variety cultured in the Colombian highlands, that present similar agroecological conditions to those in which this study was done.

**KEY WORDS:** Fruit diameter, length /diameter ratio of fruits, dry weight, fresh weight, growth curves.

## R E S U M E N

En Paipa (Colombia) se realizó un estudio de campo con miras a establecer las curvas de crecimiento de frutos y ramas del manzano 'Anna' con respecto al tiempo después de plena floración. Los árboles se cultivaron a una altura de 2470 msnm. Los parámetros evaluados en frutos, cada cuatro días fueron: peso fresco, peso seco, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial, relación diámetro longitudinal / diámetro ecuatorial. En las ramas se determinó su crecimiento con igual periodicidad que en los frutos. En este artículo se reportan las ecuaciones de regresión para los parámetros evaluados. El incremento en peso fresco de los frutos fue lento hasta 46 días des-

pués de plena floración (ddpf), luego fue rápido hasta 62 ddpf; entre 62 y 74 ddpf se presentó de nuevo una fase de crecimiento lento, y por último, se aumentó la intensidad de su crecimiento hasta la época de cosecha. El incremento en peso seco de los frutos fue lento hasta 58 ddpf; posteriormente, la ganancia en peso seco fue rápida hasta 94 ddpf y luego el peso seco decreció a partir de ese momento. La relación diámetro longitudinal / diámetro ecuatorial fue decreciente hasta 90 ddpf y luego se estabilizó. Las ramas crecieron rápidamente hasta 70 ddpf, luego se redujo la intensidad de su crecimiento entre 70 y 94 ddpf, y por último, se detuvo su crecimiento a partir de 94 ddpf. Con esta información es posible hacer una planeación más racional de algunas de las labores de cultivo en esta variedad de manzano cultivada en los altiplanos colombianos que presenten condiciones agroecológicas similares a aquellas en que se realizó este estudio.

**DESCRITORES:** Diámetro de frutos, relación longitud / diámetro de frutos, peso seco, peso fresco, curvas de crecimiento.

**ABREVIATURAS.** ddpf: días después de plena floración.

## I N T R O D U C C I O N

Las curvas de crecimiento en los vegetales son un reflejo del comportamiento de una planta en un ecosistema particular con respecto al tiempo. Su elaboración es indispensable para la aplicación racional de las labores culturales en el momento adecuado, para garantizar una respuesta óptima del vegetal de acuerdo con nuestras necesidades y exigencias. El crecimiento de los frutos se puede cuantificar mediante el seguimiento de parámetros como: diámetro, volumen, longitud, peso seco, peso fresco, etc.; sin embargo, de todos ellos, el diámetro y la longitud son los parámetros más frecuentemente utilizados con este propósito (BARCELÓ et al., 1987).

En términos generales, el crecimiento del fruto se divide en dos periodos principales: (1) división celular y (2) elongación celular (FAUST, 1989). Por otra parte,

- Fecha de recepción 12 de febrero de 2002  
- Aceptado para publicación 25 de marzo de 2003

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo, Ph.D., UPTC-FACIAT, Apartado Aéreo 661, Tunja – Boyacá / Colombia. E-mail: fanor@gmx.net

<sup>2</sup> Ingeniera agrónoma, UPTC-FACIAT

<sup>3</sup> Prof. Dr. Peter Lüdders y Dr. habil. Georg Ebert. Humboldt Universität zu Berlin, Fachgebiet Obstbau. Albrecht-Thaer-Weg 3, D-14195 Berlin.

se ha realizado una división más específica de las etapas de crecimiento y desarrollo de frutos en los frutales de pepita; según esta división, estos frutales presentan tres fases bien definidas de crecimiento y desarrollo de frutos: (1) período de multiplicación celular, que dura de cuatro a cinco semanas. En manzano hay dos millones de células aproximadamente en el momento de la antesis y 40 millones al momento de la recolección; para llegar a estos valores en número de células, se necesitan 21 duplicaciones celulares antes de la antesis y sólo 4,5 después. En este período de crecimiento, el fruto crece más en longitud que en diámetro (BARCELÓ et al., 1987). (2) Período de crecimiento acelerado por elongación celular, el cual puede durar de cinco a diez semanas. Entre las células se forman espacios llenos de aire que están interconectados y facilitan el intercambio gaseoso intercelular. En este período la acumulación de materia seca del fruto aumenta considerablemente. (3) Luego de la diferenciación celular se inicia el período de maduración, el cual comienza realmente antes de la culminación del período anterior. En este momento, en el fruto, tienen lugar una serie de procesos fisicoquímicos que culminan con la aparición de las características de color, textura, sabor, acidez etc., propias de la variedad (WESTWOOD, 1982; FISCHER, 1993 y FRIEDRICH, 2000).

Las primeras semanas después de la plena floración son de gran importancia para el desarrollo del fruto del manzano Golden Delicious, pues el diámetro de los frutos aumenta rápidamente hasta los 30 días después de plena floración y luego tiene un crecimiento reducido, que se denomina *Punto de Transición* (REICHEL y SCHMIDT, 1989). A pesar de que la duración e intensidad de las fases de crecimiento y desarrollo de los frutos dependen ampliamente del genotipo, existe una estrecha relación entre la temperatura ambiente, la humedad relativa, la radiación y el estado hídrico de las plantas, con el desarrollo del fruto (GRANGE, 1996 y FRIEDRICH, 2000).

Mientras WESTWOOD (1982), DENNIS (1986) y FRIEDRICH (2000) reportan que el crecimiento de los frutos del manzano, desde la antesis hasta que alcanzan la madurez, describe una curva de tipo sigmoide, MAGEIN (1989) concluyó que el crecimiento de la manzana describe una curva doble sigmoide, pues el crecimiento de esta fruta tiene un período corto de crecimiento que coincide con la división celular post-antesis, que dura 40 días aproximadamente; una vez culminado este período, los frutos pasan por una fase de crecimiento lento, de una duración aproximada de dos semanas, atribuido más a cambios en la fisiología del árbol que en la fisiología del fruto.

Mediante la metodología utilizada en el presente estudio se determinó periódicamente el crecimiento de los frutos y ramas del manzano 'Anna', desde los 30 días después de plena floración hasta la cosecha, con el fin de establecer las curvas de crecimiento de estos órganos en la localidad donde se realizó el ensayo. Teniendo en cuenta las curvas obtenidas se pueden planear con mayor eficiencia las labores culturales en las plantaciones de

manzano de esta variedad, de tal modo que no afecten el crecimiento de los frutos; además, se puede utilizar esta información en otras localidades que presenten condiciones agroecológicas similares a las que presenta la zona donde se realizó este estudio.

## M E T O D O L O G I A

**Localidad y material vegetal.** En el ensayo se utilizaron seis árboles de siete años de manzano 'Anna' (Golden Delicious x Adassim Red) sobre patrón MM106, plantados a una distancia de 2 x 3,5 m, en la granja "Tunguavita" en Paipa (Boyacá), propiedad de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, ubicada a una altura de 2470 msnm. La localidad presenta 13,8 °C de temperatura en promedio y 74% de humedad relativa, con régimen bimodal de lluvias que aportan 835 mm de precipitación promedio al año.

**Metodología.** Las mediciones se realizaron entre 30 y 120 días después de plena floración. La unidad experimental estuvo representada por un árbol. En cada uno de los seis árboles seleccionados se marcaron diez frutos en los que se midió el diámetro longitudinal y ecuatorial cada cuatro días. Además, se seleccionaron 5 ramas por árbol, en las que se midió su crecimiento con la misma periodicidad con que se midió el diámetro de los frutos. Los árboles fueron manejados según la técnica para la obtención de cosechas continuas (Rest Avoidance Technique) descrita por FISCHER y LÜDDERS (1995).

**Toma y análisis de muestras.** Cada cuatro días se colectaron cinco frutos por árbol para determinar su peso fresco y seco. El peso seco se determinó después del secado de las muestras en una mufla, a una temperatura de 65°C. Los parámetros peso fresco, peso seco, diámetro longitudinal y diámetro ecuatorial de frutos, así como el crecimiento de ramas se expresan en porcentaje, con base en el valor máximo alcanzado.

**Análisis estadístico.** Cada unidad experimental se replicó seis veces y con la información obtenida en el ensayo se realizó un análisis de regresión con un nivel de significancia de 1%, mediante la aplicación SPSS (8.0).

## R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N

**MODELOS DE REGRESION.** La cuantificación del crecimiento mediante el uso de ecuaciones de regresión ha sido ampliamente documentada (BARCELÓ et al., 1987) y utilizada (MARINI, 1999). Mediante esta metodología se ha podido estimar el comportamiento de una variedad en condiciones determinadas. Para las condiciones del presente ensayo se obtuvo una serie de ecuaciones de regresión, presentadas en la tabla 1, con las cuales es posible estimar los parámetros de crecimiento y desarrollo de frutos y ramas en manzano 'Anna', con respecto al tiempo después de plena floración en Paipa (Boyacá). En la tabla 1, las variables dependientes se encuentran

Tabla 1: Modelos de regresión para los parámetros evaluados en manzano ‘Anna’, con respecto a los días después de plena floración.

| PARAMETRO                           | R <sup>2</sup> | ECUACION DE REGRESION                                     |
|-------------------------------------|----------------|---|
| Peso fresco (%)                     | 0,99 **        | $y = - 0,6913 x + 0,0223 x^2 - 0,00008 x^3$               |
| Peso seco (%)                       | 0,97 **        | $y = 82,0774 - 5,2247 x + 0,1022 x^2 - 0,0005 x^3$        |
| Diámetro longitudinal de frutos (%) | 0,99 **        | $y = - 19,094 + 1,9705 x - 0,0097 x^2 + 0,000013 x^3$     |
| Diámetro ecuatorial de frutos (%)   | 0,99 **        | $y = - 20,832 + 1,2941 x + 0,0012 x^2 - 0,00003 x^3$      |
| Relación Long. / Diám. del Fruto    | 0,99 **        | $y = e^{1,2408 - 0,026 x + 0,00022 x^2 - 0,00000072 x^3}$ |
| Longitud de ramas (%)               | 0,99 **        | $y = 2,229 x - 0,0157 x^2 + 0,000032 x^3$                 |

\*\* Altamente significativo en el nivel de 1 %  
 e = 2,718281 (constante de Euler)

en la columna de parámetros, y en todos los casos, la variable independiente es el tiempo (días) después de plena floración. Para la variable independiente se analizó la información obtenida entre 30 y 120 días después de plena floración.

**PESO FRESCO DEL FRUTO.** La ganancia en peso fresco de los frutos (Figura 1) sigue una distribución sigmoide típica, tal como la describen WESTWOOD (1982), DENNIS (1986) y FRIEDRICH (2000) para otras variedades de manzano cultivadas en zonas templadas.

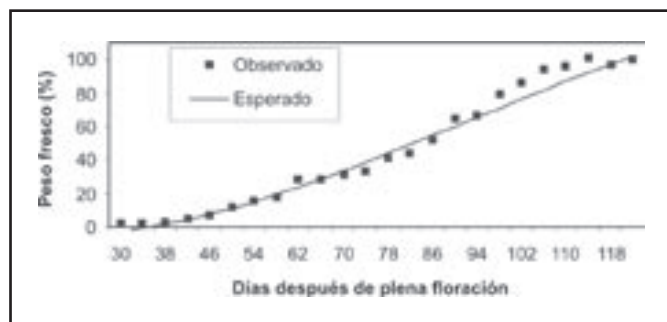


Figura 1. Porcentaje del peso fresco de frutos de manzano ‘Anna’ cultivados en altiplanos colombianos, con base en el peso fresco máximo alcanzado por los frutos.

Los datos observados muestran un aumento lento en peso fresco de los frutos hasta 46 ddpf; a partir de ese momento, los frutos ganan peso fresco hasta el momento de la cosecha, con excepción de un lapso de tiempo entre 62 y 74 ddpf, durante el cual el peso fresco de los frutos se estabiliza.

La pendiente de la curva, que determina la intensidad del crecimiento en un período determinado de tiempo, es la resultante de estímulos inherentes a la variedad de manzano; sin embargo, ésta se puede ver influenciada por factores de tipo ambiental, nutricional, o por factores causantes de estrés, como lo mencionan REICHEL y

SCHMIDT (1989), y GRANGE (1996). Para las condiciones del presente estudio, la temperatura presentó oscilaciones entre 11 y 17°C, y la humedad relativa estuvo en el rango 54 - 90% (Figura 2.), condición que no afectó considerablemente el peso fresco de los frutos, dado que se suministró riego adicional a las plantas, de acuerdo con las recomendaciones de CASTRO (1993), con el fin de minimizar el riesgo de estrés hídrico.

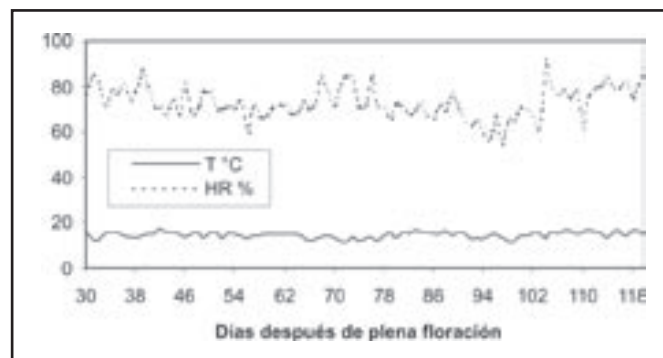


Figura 2. Promedios diarios de temperatura (°C) y humedad relativa (%) en la granja “Tunguavita”, en Paipa (Boyacá), durante el periodo de desarrollo del ensayo.

El lapso de tiempo, comprendido entre 62 y 74 ddpf, cuando se presentó una estabilización en el peso fresco de los frutos, fue reportado también por MAGEIN (1989) y REICHEL y SCHMIDT (1989), quienes describen un corto periodo, de duración aproximada a dos semanas, durante el cual el aumento en peso seco de los frutos es lento; aumento atribuido más a cambios en la fisiología del árbol que en la fisiología del fruto. A pesar de que en este lapso de tiempo se presenta poco aumento en peso fresco del fruto, el incremento en peso seco se intensifica, como lo muestra figura 3. Esta etapa de crecimiento del fruto se presenta dentro del segundo periodo de crecimiento o período de crecimiento acelerado por elongación celular, en el cual la acumulación de materia seca del fruto aumenta considerablemente.



Con base en esta información se puede sugerir que el raleo de frutos se debe realizar hasta 46 ddpf, de acuerdo con la metodología propuesta por EBERT et al. (1988), pero después de la caída de frutos no polinizados, con el fin de lograr un mejor efecto de esta práctica sobre el desarrollo de los frutos restantes y para evitar competencia entre frutos en la etapa de ganancia rápida de peso fresco y seco, la cual sucede después de 46 ddpf.

Si fuera necesaria la aplicación de nutrientes vía foliar, ésta se debe realizar de igual manera hasta 46 ddpf, pues de esta manera, los elementos estarían disponibles para la producción de materia seca en la etapa de incremento rápido de peso fresco y seco de los frutos; además, según un estudio realizado por CASIERRA-POSADA et al. (2002a y 2002b), a los 46 ddpf tiene lugar la máxima concentración de la mayoría de los elementos nutritivos analizados en el tejido foliar.

**PESO SECO DEL FRUTO.** Como se muestra en la figura 3, la acumulación de materia seca en los frutos es lenta entre 30 y 58 ddpf; posteriormente, los frutos presentan un incremento marcado en el contenido de materia seca, que dura hasta 94 ddpf, reflejado en el incremento en la pendiente de la curva; por último, el contenido de materia seca decrece. Este comportamiento de la curva es una manifestación de los tres períodos de crecimiento de los frutos del manzano: Multiplicación celular, elongación celular y maduración, descritos por DENNIS (1986) y BARCELO et al. (1987). Las fases de crecimiento descritas con base en la acumulación de materia seca en los frutos se presentan también en la curva que representa el comportamiento del peso fresco (Fig. 1), debido a que los procesos que determinan cada una de las fases de crecimiento de los frutos afectan tanto al peso seco como al peso fresco de los frutos del manzano.

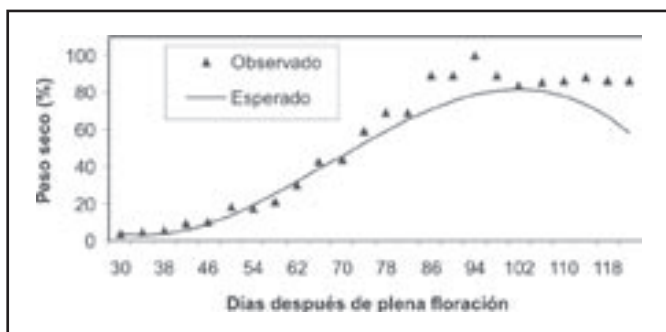


Figura 3. Porcentaje del peso seco del fruto del manzano 'Anna' en los altiplanos tropicales, con base en el peso seco máximo alcanzado por los frutos.

El descenso marcado del peso seco a partir de 94 ddpf pudo ser la manifestación de los procesos involucrados en la maduración de los frutos. La manzana, por ser un fruto climatérico, presenta bajos niveles endógenos de etileno, pero al final del desarrollo de los frutos, estos niveles se incrementan drásticamente, lo cual permite la maduración de la fruta. El proceso de maduración de la manzana

incluye el incremento de la tasa respiratoria, la síntesis de enzimas, el ablandamiento de la pulpa, la conversión de almidón en azúcares, la síntesis de compuestos volátiles, etc. (DENNIS, 1986). Por lo tanto, estos cambios en los frutos pudieron ser la causa la reducción de la materia seca en los frutos, como consecuencia de los cambios fisicoquímicos de la fruta durante la maduración.

**LONGITUD Y DIAMETRO DE FRUTOS.** La forma de los frutos del manzano es una característica importante desde el punto de vista del mercadeo. Los frutos de manzano 'Anna' son reconocidos en el mercado por su forma alargada, como consecuencia de la falta de polinización. En el presente estudio, se hizo un seguimiento de los diámetros longitudinal y ecuatorial y con esa información se hizo un análisis de regresión, cuyos resultados se encuentran en la tabla 1. Con base en la información obtenida para estos dos parámetros, se obtuvo la relación diámetro longitudinal / diámetro ecuatorial (Fig. 4), dado que según WESTWOOD (1982) esta relación es el parámetro más importante para expresar la forma de fruto.

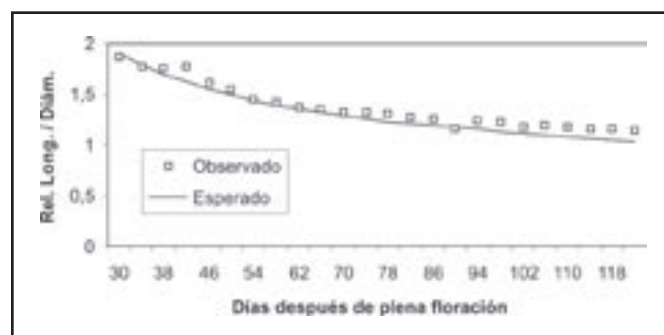


Figura 4. Relación Diámetro longitudinal / Diámetro ecuatorial de frutos de manzano 'Anna' cultivado en los altiplanos tropicales.

En un ensayo realizado por WESTWOOD (1962), el valor de la relación longitud / diámetro de las manzanas Delicious se reduce drásticamente entre 30 y 90 ddpf y luego su valor se estabiliza; en el presente estudio se presentó una reducción leve en el valor de dicha relación entre 30 y 98 ddpf y luego tiende a estabilizarse hasta el momento de la cosecha. Esta reducción en la relación diámetro longitudinal / diámetro ecuatorial implica que en los primeros días de desarrollo de los frutos, prevalece el crecimiento longitudinal sobre el ecuatorial; pero en el último tercio de su periodo de desarrollo, la relación tiende a la unidad, lo que significa una equivalencia entre la longitud y el diámetro ecuatorial de los frutos, dando como resultado, frutos de forma redondeada.

**LONGITUD DE RAMAS.** El crecimiento de las ramas fue bastante intenso aproximadamente hasta 70 ddpf, y luego se reduce su intensidad hasta detenerse a partir de 94 ddpf (Fig. 5). El crecimiento rápido de las ramas coincide con el período de incremento lento en

peso fresco y seco de los frutos (Figuras 1 y 3 respectivamente), en su primera etapa del crecimiento. Esta situación se presenta dado que existe competencia mutua entre el crecimiento de frutos y ramas.

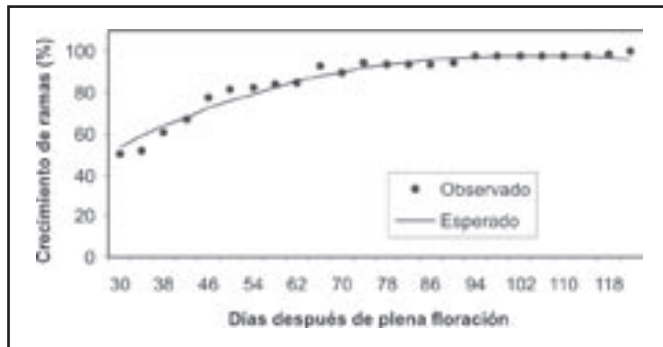


Figura 5. Porcentaje del crecimiento de ramas de manzano 'Anna' cultivado en los altiplanos tropicales, con base en la longitud máxima alcanzada.

La determinación del momento en que cesa o disminuye el crecimiento de las ramas reviste gran importancia desde el punto de vista de la iniciación floral, pues WESTWOOD (1982) y FAUST (1989) reportan que las plantas perennes de hoja caduca inician la diferenciación morfológica de las flores una vez cesa el crecimiento vegetativo y cuando las hojas están maduras. En la misma localidad donde se realizó el presente ensayo, CAMARGO (1994), mediante cortes al micrótopo de yemas florales en manzano 'Anna', encontró que a los 79 ddpf aproximadamente, los tejidos adyacentes al meristemo comienzan su diferenciación hacia la formación de los órganos que constituirán la flor, lo cual coincide con el período en que, según la información obtenida en el presente estudio, se reduce el crecimiento de ramas (a partir de 70 ddpf).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. José C. Pacheco por sus aportes en la redacción de este documento, así como a Jairo Julio Casallas y a sus colaboradores en la granja "Tunguavita" en Paipa (Boyacá), por el apoyo en la realización del presente estudio.

## LITERATURA CITADA

BARCELÓ, J.; NICOLÁS RODRIGO, G.; SABATER, B. y SÁNCHEZ TAMÉS, R. 1987. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid. 823 p.

CAMARGO S., J. 1994. Determinación de la época de inducción floral en manzano 'Anna' (*Malus domestica* B.) en condiciones tropicales. Tesis

de ingeniero agrónomo, UPTC-FACIAT, Tunja / Boyacá. 97 p.

CASIERRA-POSADA, F.; CORTES, L. F.; RAMIREZ, J. y CASTRO FRANCO, H. 2002a. Estado nutricional del manzano 'Anna' durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos: I. Contenido de elementos minerales. (Artículo en preparación).

CASIERRA-POSADA, F.; CORTES, L. F.; RAMIREZ, J. y CASTRO FRANCO, H. 2002b. Estado nutricional del manzano 'Anna' durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos: II. Relaciones e interacciones entre nutrientes. (Artículo en preparación).

CASTRO, J. 1993. Consideraciones generales del riego en frutales caducifolios en el altiplano. *Agrodesarrollo* 4(1-2): 201-213.

DENNIS (Jr), F. G. 1986. Apple. *En: Handbook of fruit set and development*. MONSELISE, S. P., (Ed.) CRC Press, Inc., Boca Ratón, Florida. p. 1- 44.

EBERT, A.; KREUZ, C. L.; ZAFFARI, G. R. y PETRI, J. L. 1988. Raleio de frutos em macieira no alto vale do rio do peixe em santa catarina. EMPASC, Florianópolis / Brazil. 65 p.

FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York. p. 169-234.

FISCHER, G. 1993. Fisiología y manejo de frutos en pre y poscosecha. Editorial Presencia, Bogotá. 97-116.

FISCHER, G. y LÜDDERS, P. 1995. Der Apfelanbau im Hochland Kolumbiens. *Erwerbsobstbau* 37(2): 58-62.

FRIEDERICH, G. 2000. Entwicklung, Wachstum, Bau und Funktion der reproduktiven Organe. *En: Physiologische Grundlagen des Obstbaues* (Friedrich, G. y Fischer, M., eds.). Editorial Ulmer, Stuttgart (Alemania). p. 62-86.

GRANGE, R. I. 1996. Crecimiento del fruto. *En: Fisiología y bioquímica vegetal* (Azcón-Bieto, J. y Talon, M., eds.). Ediciones Interamericana-Mcgraw-Hill, Madrid (España). p. 449-462.

MAGEIN, H. 1989. Growth and abscission dynamics of 'Cox's Orange Pippin' and 'Golden Delicious' apple fruits. *Journal of Horticultural Science*, 64: 265-273.

MARINI, R. 1999. Estimating apple diameter from fruit mass measurements to time thinning sprays. *Hortotechnology* 9(1):109-113.

REICHEL, M. y SCHMIDT, G. 1989. Die Zunahme des Fruchtdurchmessers bei 'Golden Delicious' bis zum 60. Tag nach der Vollblüte unter dem Einfluß vom Blühzeitpunkt und einigen meteorologischen Faktoren. *Archiv f. Gartenbau* 37: 96-107.

WESTWOOD, N. H. 1962. Seasonal changes in specific gravity and shape of apple, pear and peach fruits. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 86: 90-96.

WESTWOOD, N. H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 461 p.