

Características Físicas y Fisiológicas de La Pera Variedad Triunfo de Viena (*Pyrus communis L*)

Alfonso Parra Coronado¹ - Luz Janeth Sánchez² - Cristina Barragán³

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Colombia, a través del Departamento de Ingeniería Agrícola de Santafé de Bogotá, con la financiación del CINDEC y la participación de la comunidad de Agricultores del municipio de Nuevo Colón (Boyacá), ha venido adelantando el proyecto de investigación sobre manejo postcosecha de pera (*Pyrus communis L.*) -variedad Triunfo de Viena-. En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos en la primera etapa, en la cual se determinaron durante dos períodos (1996 y 1997), las propiedades físicas y fisiológicas del producto durante la precosecha, cosecha y postcosecha, cuyo conocimiento es indispensable para la determinación del momento oportuno de recolección y para el adecuado manejo postcosecha.

Durante el período precosecha, los frutos de pera variedad Triunfo de Viena, sufren una serie de cambios representados fundamentalmente por: aumento en el tamaño y el peso; disminución de la intensidad respiratoria, de la acidez titulable (% de ácido málico) y de la firmeza del fruto; aumento de los sólidos solubles.

La pera es un fruto climatérico, cuyo período desde plena floración hasta el punto de madurez fisiológica oscila entre 150 y 180 días. Durante los últimos ocho días antes de la cosecha el fruto aumenta su peso en 65%, y alcanza un tamaño y peso promedios en el momento de la cosecha de 77 mm y 306 g respectivamente. Los frutos presentan una forma cercana a la de una esfera (esfericidad 0,87), con pesos específicos aparente y real de 498 kg/m³ y 1.018 kg/m³, respectivamente.

En la etapa Postcosecha se consideraron tres condiciones de almacenamiento diferentes:

$T_1 = 18^\circ\text{C}$ y $HR_1 = 75\%$; $T_2 = 11^\circ\text{C}$ y $HR_2 = 80\%$; $T_3 = 3^\circ\text{C}$ y $HR_3 = 90\%$. Las condiciones más adversas para su conservación corresponden a la mayor temperatura de almacenamiento ($T = 18^\circ\text{C}$, $HR = 75\%$), por lo cual se presentó una mayor pérdida de peso y un deterioro más acelerado; la condición más benéfica corresponde a la menor temperatura de almacenamiento ($T = 3^\circ\text{C}$ y $HR = 90\%$)

EN Colombia, el sector agroalimentario viene adelantando un proceso de transformación, a raíz de la puesta en marcha de la apertura económica. Entre 1990 y 1995, la importación de productos agrícolas pasó de 800.000 toneladas a 3 millones de ton. En el sector frutícola también aumentaron las importaciones, pero en contraste con el sector agroalimentario se presentó una expansión en el área y mercado de frutas que pasó de 70.000 ha. a 120.000 ha. y de una producción de 550.000 toneladas en 1983 a una producción de 2,3 millones de toneladas en 1995 [2]

La producción de pera en el departamento de Boyacá en 1996 fue de 8.976 toneladas con un área cultivada de 628,5 ha. La pera sale al mercado entre los meses de marzo y mayo; el resto del año solamente se consigue pera importada. En 1996 se importaron al país 9.404 toneladas traídas principalmente de Chile [8]

Un aumento en la producción de alimentos no asegura por sí misma que la demanda sea satisfecha. En Colombia, la ausencia de planeación y de prácticas tecnológicas adecuadas en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y manejo cosecha y postcosecha origina pérdidas cercanas al 40% de la producción.

Las pérdidas postcosecha se deben principalmente al desconocimiento de las características físicas y fisiológicas del producto que lleva a que no se le dé el tratamiento adecuado para mantener su calidad hasta que llegue al consumidor.

Con base en estos aspectos, el sector frutícola se encuentra en una etapa de crecimiento, que si se reducen las pérdidas postcosecha, puede cubrirse el mercado nacional y reducirse la masiva importación de frutas.

¹Ingeniero Agrícola, MSc, Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional de Colombia

²Ingeniera Agrícola

³Ingeniera Agrícola

IDENTIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LOCAL DE MANEJO POSTCOSECHA Y DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE.

La problemática del manejo durante el período de cosecha y postcosecha de la pera fue analizada con los agricultores, tomando como base la forma en que ellos realizan las diferentes operaciones:

COSECHA.

Los agricultores recolectan el producto en forma manual, mediante torsión o jalando el fruto, cuando éste tiene aproximadamente cinco meses de edad. (No se utilizan tijeras).

La selección realizada en el cultivo consiste simplemente en tomar los frutos aparentemente sanos (sin daño mecánico o biológico visibles) y depositarlos en guacales de madera recubiertos interiormente con papel periódico.

Los productos con daño notable son arrañados y arrojados al piso donde se dejan descomponer, lo cual puede originar problemas ambientales de orden fitosanitario y de ataque de insectos al cultivo, desmejorando la calidad de los frutos e incidiendo directamente en los ingresos del agricultor y en la disponibilidad de producto de buena calidad para suplir la demanda existente .

MANEJO POSTCOSECHA

Una vez recolectado, el producto se traslada a un cuarto de la vivienda donde se deposita a granel en el piso; allí permanece hasta cuando se vende a los intermediarios o directamente al consumidor. Para su venta, el producto se almacena en cajas de cartón (empaque para manzana), las cuales tienen una capacidad aproximada de 22 kg de pera.

La selección no es estricta, razón por la cual en el empaque pueden ir frutos con alguna clase de daño, lo cual merma la calidad general del producto. No se realizan operaciones de limpieza y clasificación, lo que genera productos de tamaño muy variado en cada caja.

Los agricultores han tomado conciencia acerca de la necesidad de establecer una tecnología adecuada para el manejo postcosecha de la pera, con miras a suplir las deficiencias que existen especialmente en las actividades de recolección, selección, clasificación, empaque y almacenamiento, las cuales generan pérdida de la calidad general del producto. Esta pérdida de calidad está representada en pérdida física del fruto por deterioro y en un menor valor

del mismo en el mercado, lo cual afecta directamente los ingresos del productor y la disponibilidad de producto sano para suplir la demanda.

Además, afecta el precio al consumidor, ya que al transportar frutos de mala calidad y en condiciones de manejo postcosecha inadecuadas, el deterioro del producto se incrementa, haciendo que el producto sano -con destino al consumidor- asuma los costos de transporte y manejo del producto deteriorado, mermándole competitividad comercial frente a las variedades importadas.

Los agricultores son conscientes de que para lograr establecer las tecnologías de manejo postcosecha adecuadas para la pera es necesario realizar primero los estudios correspondientes al conocimiento del fruto. El objeto del presente trabajo consiste en la determinación de las propiedades físicas y en el estudio del comportamiento fisiológico del producto.

I. LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

A. DESARROLLO FISIOLÓGICO

La vida de las frutas y hortalizas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales subsiguientes a la germinación: el crecimiento, la maduración y la senescencia, sin que sea fácil establecer una clara distinción entre las tres. El crecimiento implica la división celular y el consecuente desarrollo de las células que dan cuenta del tamaño final alcanzado por el producto.

1. LA MADURACIÓN FISIOLÓGICA

Suele iniciarse antes de que finalice el crecimiento e incluye diferentes actividades en los distintos productos. El crecimiento y la madurez fisiológica de la fruta sólo se completan cuando ésta permanece unida a la planta de que procede, pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden proseguir una vez separada de aquélla.

Las frutas se recogen sólo fisiológica o fisiológica y organolépticamente maduras, pero algunos frutos que son consumidos como hortalizas se recolectan incluso antes de que la maduración haya comenzado.

2. LA MADURACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LAS FRUTAS

Es un proceso en el que se transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible, en otro visual,

olfatoria y gustativamente atractivo. Señala el final del desarrollo de una fruta y el comienzo de su senescencia y regularmente es un proceso irreversible.

B. INDICES DE COSECHA

Según Pantastico, E.B.(1979), la buena calidad de los productos se obtiene cuando la cosecha se realiza en el estado apropiado de madurez.

La madurez puede determinarse mediante [4]:

- ♦ Medios visuales: color de la piel, persistencia de una parte del estilo, presencia de hojas secas, el secamiento del cuerpo de la planta, el llenado de fruto.
- ♦ Medios físicos: facilidad de abscisión, macices, peso específico.
- ♦ Análisis químico: Determinación de sólidos solubles, determinación de ácidos, relación entre sólidos solubles y ácidos, contenido de almidón.
- ♦ Métodos fisiológicos: Tasa de respiración.

También existen y se recomiendan otros índices de cosecha específicos para cada producto

C. INTENSIDAD RESPIRATORIA [6].

- ♦ *La intensidad respiratoria*, I.R., es la cantidad de CO₂ producida (mg o ml) en el proceso respiratorio por unidad de peso fresco de producto y por unidad de tiempo.
- ♦ *Tendencia respiratoria*: es el cambio que ocurre con el tiempo, en la intensidad respiratoria de un producto. Dependiendo de la tendencia respiratoria, los productos agrícolas se clasifican en productos climatéricos y en productos no-climatéricos.
- ♦ *Frutos climatéricos*: En estos productos la intensidad respiratoria disminuye hasta llegar a un mínimo, para subir rápidamente hasta un máximo y después volver a disminuir paulatinamente hasta anularse con la muerte del fruto. Son frutos climatéricos las manzanas, los aguacates, el plátano, banano, chirimoya, frejola, los higos, mangos, el melón, las papayas, la granadilla, el melocotón, la ciruela, pera, sandía, los tomates, el maracuyá y papayuela, entre otros.
- ♦ *Frutos no climatéricos*. en ellos la IR disminuye durante

el período de vida del producto. Son frutos no climatéricos las cerezas, el pepino, limón, piña, mandarina, fresa, naranja, uchuva, cebolla junca, mora y tomate de árbol, entre otros.

D. ALMACENAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS.

Los factores más importantes que afectan la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas son la temperatura, la humedad relativa y la composición de la atmósfera circundante. Si se mantienen las condiciones óptimas de almacenamiento para un producto, se logra maximizar su vida útil.

1. LA TEMPERATURA.

Es el factor más importante en cuanto a condiciones de almacenamiento. Para los productos que no son susceptibles al daño por frío, la temperatura óptima de almacenamiento es la más baja sin que alcance el punto de congelación. El almacenamiento a bajas temperaturas tiene muchas ventajas: se reducen la velocidad de respiración, la producción de etileno, el proceso de maduración, la senescencia, el gradiente de presión de vapor entre el producto y la atmósfera de almacenamiento y se reduce la velocidad de pérdida de agua por transpiración. A bajas temperaturas, también, se reducen el crecimiento microbiano y el deterioro del producto. La temperatura debe ser la adecuada para cada producto, pues si está por debajo de los límites recomendados sólo se lograrán daños y alteraciones fisiológicas que determinan la pérdida de calidad y la muerte, en el caso de frutas y verduras.

2. LA HUMEDAD RELATIVA.

Una alta humedad relativa durante el almacenamiento minimiza la transpiración y la pérdida de agua de los productos; también ayuda en algunos productos a mantener su vigor y a retardar la senescencia. Por tanto, la humedad relativa óptima puede ser del 95% hasta 100% para algunos productos. Sin embargo, una humedad relativa alta puede ocasionar condensación, crecimiento de hongos en la superficie y mayor deterioro.

3. LA COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA DE ALMACENAMIENTO.

Hay aproximadamente 79% de N₂, 21% de O₂ y 0,03% de CO₂ y trazas de otros gases en la atmósfera. Otro componente gaseoso cuya presencia debe ser considerada es el etileno. Este gas es producido en forma natural por muchas frutas; algunos productos hortifrutícolas son muy sensibles al etileno, y pueden presentarse daños considerables cuando la

concentración de este gas es del orden de 1 ppm. En forma análoga, otros productos son poco sensibles al etileno durante el almacenamiento.

E. EL PERAL *PYRUS COMMUNIS L*

El peral puede cultivarse en gran variedad de climas, desde los templados a los relativamente fríos; resiste las bajas temperaturas más que otros frutales. En Colombia, este es el tercer frutal caducifolio de importancia en el país; se cultiva en climas fríos o algo templados y su crecimiento está regido por un crecimiento anual de letargo o reposo, de duración variable, que se inicia en junio para finalizar en septiembre. Durante este período se realizan procesos fisiológicos que tienen como finalidad preparar el árbol para la floración que comienza en septiembre o a principios de octubre, con algunas pequeñas variaciones de una a otra región.

F. PERA VARIEDAD TRIUNFO DE VIENA.

Es tardía, fruta grande, mayor de 300 gramos; se recomienda para la industria, ya que su pulpa es dura; de piel amarilla verdosa, pulpa blanca cremosa, de textura arenosa, muy prolífica; es la que más se cultiva en el país. Se adapta bien a alturas que van desde 2.300 msnm a 2.600 m.s.n.m.

II. METODOLOGÍA [5]

La materia prima para la realización de este estudio fue la pera nacional variedad Triunfo de Viena, cuyas muestras se tomaron de 10 fincas diferentes en las veredas: Jabonera, Carbonera y Centro ubicadas en el municipio de nuevo Colón (Boyacá).

En primer lugar se marcaron flores en cada una de las diez fincas seleccionadas (aproximadamente 4 racimos de flores en 25 árboles por finca). Esta marcación se efectuó en plena floración (24 de octubre al 5 de noviembre de 1996) y desde la fecha las muestras se recolectaron a diferentes edades para los análisis de laboratorio respectivos.

El transporte de la materia prima desde la zona de producción (municipio de Nuevo Colón) al lugar de almacenamiento, laboratorio de frutas y hortalizas en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia (Santafé de Bogotá), se realizó en canastillas plástica y en cajas de cartón para evitar daño mecánico. Se efectuó una clasificación y selección para obtener uniformidad respecto a la sanidad.

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La forma, el tamaño, el volumen, el área superficial, los pesos específicos, la porosidad, el color y la apariencia son algunas de las características físicas de mayor importancia para solucionar problemas relacionados con el comportamiento del producto en operaciones de manejo y en el diseño de máquinas o equipos de cosecha, limpieza, selección, clasificación, empaque, transporte, almacenamiento y procesamiento de productos perecederos.

1. FORMA Y TAMAÑO [3]

La forma y el tamaño son características físicas inseparables y necesarias, si se desea describir satisfactoriamente el producto.

- ♦ *Dimensiones.* Las dimensiones se determinan en el período de pre cosecha y cosecha en cada una de las edades. Se toman 30* individuos de la muestra de forma aleatoria y se les determinan tres dimensiones axiales perpendiculares entre sí, denotadas por las letras a, b y c.

- ♦ *Forma.* La forma del producto se establece mediante los parámetros de esfericidad y redondez. Esta característica se determina en el período de cosecha tomando 30 individuos del producto recién cosechado.

- ♦ *Redondez.* Se le imprime en una hoja de papel la mayor área proyectada en posición normal de descanso (Ap) a cada uno de los 30 individuos; sobre esta área se señala el menor círculo circunscrito y se mide su diámetro; a partir del cual se determina el área de ese círculo (Ac). El área proyectada (Ap) se determina por el "método de la balanza electrónica", pesando un papel de la misma densidad y de área conocida; luego se pesa el área proyectada de cada fruto y por la relación de pesos se determina su magnitud. La redondez se determina aplicando la ecuación:

$$\text{Redondez} = (Ap / Ac) \quad (1)$$

Donde:

Ap : mayor área proyectada del objeto en posición normal de descanso.

Ac : área del menor círculo circunscrito.

- ♦ *Esfericidad.* Sobre el área proyectada para cada uno de los individuos se determina el diámetro del mayor círculo

* El número de individuos y ensayos implementados ha sido determinado en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional, mediante un diseño experimental aplicado a las investigaciones realizadas para diferentes frutas, que demostró ser el más representativo para este tipo de productos.

inscrita (D_i) y el diámetro del menor círculo circunscrito (D_c). La esfericidad se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Esfericidad} = (D_i / D_c) \quad (2)$$

Donde:

D_i : Diámetro del mayor círculo inscrito en el área proyectada.

D_c : Diámetro del menor círculo circunscrito en el área proyectada.

- ♦ **Area superficial real.** A cada uno de los individuos se les retira el exocarpio, el cual se pasa por el medidor de área foliar, marca LI - 3100 AREA METER, que directamente da la lectura del área superficial en cm^2 . El conocimiento del área superficial es de gran importancia en el proceso de transferencia de calor como el proceso de refrigeración y en sistemas de acondicionamiento de productos tales como el encerado.
- ♦ **Peso.** El peso se determina durante el período de crecimiento del producto. Se toman 30 individuos por cada edad, y se pesan en la balanza electrónica marca Mettler PC2000, precisión 0,01g.
- ♦ **Peso específico real (γ_r).** Para determinar esta característica se toma una probeta o un recipiente aforado que contiene agua, en el cual se introducen las peras. El volumen real de los frutos es igual al volumen del agua desalojada por éste (principio de Arquímedes). Luego se pesa cada uno de los frutos en la balanza. Al conocer su volumen y peso real se determina el peso específico real (γ_r), utilizando la expresión:

$$\gamma_r = \text{Peso del producto en el aire} / \text{Volumen real del producto} \quad (3)$$

- ♦ **Peso específico Aparente (γ_a).** Para su determinación se toman recipientes de volumen conocido, en los cuales se introducen los productos tomados al azar hasta completar la capacidad del recipiente. Al producto introducido en el recipiente se le determina su peso en una balanza electrónica, se le realizan 30 repeticiones. El peso específico se determina mediante la expresión:

$$\gamma_a = \text{Peso del producto en el aire} / \text{Volumen del recipiente} \quad (4)$$

- ♦ **Porosidad (P).** Es la cantidad (% o fracción) de espacios vacíos de materiales no consolidados; es muy útil en diversos procesos, como el flujo de aire a través de los productos hortifrutícolas en sistemas de almacenamiento refrigerado, en granos y semillas para su secado, en el diseño de empaques y dimensionamiento de cuartos refrigerados.

La porosidad puede calcularse a partir del peso específico real y del peso específico aparente, así:

$$P = 1 - (\gamma_a / \gamma_r) \quad (5)$$

Donde P es la porosidad en fracción.

B. ÍNDICES DE COSECHA (ÍNDICES DE MADUREZ)

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD RESPIRATORIA

La intensidad respiratoria se determina en la etapa precosecha, cosecha y postcosecha (almacenamiento). Para su determinación, cada una de las muestras debe estar seca superficialmente, con el fin de eliminar barreras a la emisión del CO_2 , producido en la respiración. El tamaño de la muestra puede variar de acuerdo con la edad del fruto entre 120 gramos a 1.000 gramos, la cual se coloca en la cámara de respiración del respirómetro; esta cámara debe ser sellada herméticamente con cinta de enmascarar.

En el tubo de Petenkoffer del respirómetro se vierten 30 ml de hidróxido de bario 0,1N y se hace pasar el aire con CO_2 proveniente de la cámara de respiración, por un período de 20 a 30 minutos. Al cabo de este tiempo se apaga el sistema y se procede a titular un blanco de hidróxido de bario y una muestra del hidróxido contenido en el tubo de Petenkoffer, con ácido oxálico 0,1N, utilizando dos o tres gotas de fenolftaleína como indicador.

La intensidad respiratoria para cada ensayo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IR = ((V_b - V_m) * N * 22 \text{ mg } \text{CO}_2 / \text{meq}) / (W * t) \quad (6)$$

Donde:

IR : intensidad respiratoria en $\text{mg } \text{CO}_2 / \text{Kg} \cdot \text{h}$

V_b : volumen de ácido Oxálico en ml, gastados al titular el blanco

V_m : volumen de ácido Oxálico en ml, gastados al titular la muestra

N : normalidad del ácido Oxálico

W : peso de la muestra del fruto en kilogramos

t : tiempo en horas (de flujo continuo de aire a través del sistema).

Para los siguientes índices se toman 30 individuos al azar para cada edad en los períodos de precosecha y cosecha y cinco para cada temperatura de almacenamiento en cada uno de los días en que se efectúa la prueba en el período postcosecha:

- ♦ **Firmeza (Resistencia a la penetración):** a cada individuo se le toman tres lecturas de resistencia a la penetración en tres puntos equidistantes entre sí ubicados en el eje transversal del fruto, con excepción de los frutos menores de 126 días, debido a que su firmeza es mayor a 13 kg. que es el valor máximo del penetrómetro utilizado.
- ♦ **Contenido de ácido.** Este índice de madurez se determina en las etapas de precosecha, cosecha y postcosecha. Se toma de 5 gramos a 15 gramos de jugo, se le adiciona dos gotas de fenolftaleína como indicador y se titula con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N. Se verifica el cambio de color natural del jugo del fruto a color violeta, suspendiendo la titulación y tomando el dato de NaOH gastado.

El contenido de ácido ó acidez titulable se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acido} = (V(\text{NaOH}) \cdot N \cdot \text{F.A.} / W_m) \cdot 100 \quad (7)$$

Donde:

V(NaOH) : volumen de NaOH, en ml

N : normalidad del NaOH

F.A. : factor del ácido (0,067 ácido málico)

W_m : peso de la muestra en gramos

- ♦ **Sólidos Solubles.** a cada individuo se le extrae jugo, se deposita una gota en el refractómetro, el cuál suministra directamente el contenido de sólidos solubles en grados Brix.
- ♦ **pH.** El jugo extraído de cada uno de los individuos se coloca en los electrodos de un potenciómetro digital, el cual da directamente la lectura del pH.

C. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.

Se recolectaron en total 500 unidades el día de la cosecha, de las cuales se seleccionaron 370 peras que se distribuyeron para tres condiciones de almacenamiento, así:

- ♦ Para almacenamiento a 18°C y una humedad relativa de 75%, se tomaron 75 individuos.
- ♦ Para almacenamiento a 11°C y una humedad relativa de 80%, se tomaron 100 unidades.
- ♦ Para almacenamiento a 3°C y una humedad relativa de 85%, se tomaron 146 unidades.

Las unidades restantes se utilizaron para determinar las propiedades físicas del producto.

- ♦ **Pérdida de peso.** Para cada una de las condiciones de almacenamiento se toman 30 individuos al azar con los

cuales se determina la pérdida periódica de peso (con una frecuencia de dos a tres días) mediante una balanza electrónica marca Mettler PC2000, precisión 0,01g.

- ♦ **Índices de Madurez.** Para determinar los índices de madurez en el período de postcosecha se efectúan de dos a tres ensayos por semana para cada temperatura.

El procedimiento para determinar estos índices de madurez es el mismo que se utiliza para los índices de cosecha. Con el fin de determinar la intensidad respiratoria se toman cinco muestras al azar (3 a 4 individuos por muestra) para cada una de las condiciones de almacenamiento; estos individuos se marcan respectivamente a fin de utilizar las mismas frutas en cada uno de los ensayos.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. FLORACIÓN

Para la investigación en curso, la plena floración (75% de floración) se presentó en la última semana de octubre y primera semana de noviembre de 1995 y 1996. En 1996, debido a las condiciones climáticas predominantes, se presentó un gran porcentaje de aborto de flores.

B. PERÍODO PRECOSECHA

Durante el período precosecha, los frutos de pera variedad Triunfo de Viena sufren una serie de cambios representados fundamentalmente por: aumento en el tamaño y el peso; disminución de la intensidad respiratoria, de la acidez titulable (% de ácido málico) y de la firmeza del fruto; aumento de los sólidos solubles.

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- ♦ **Tamaño y peso:** los frutos de Pera presentan incrementos continuos de tamaño y peso durante el período de cuajamiento de fruto (Véase figura 1). En el momento de la cosecha, a los 179 días de edad presentaron un tamaño promedio de 77,04 mm y un peso promedio de 306,30 gramos, con coeficientes de variación de 15,2% y 24,0% respectivamente. El incremento en tamaño fue de 5,32 mm que equivalen a 7,4 % y el peso se incrementó en 120,62 g. que equivalen al 65%, con respecto a los frutos de 171 días.

Estas cifras confirman que la cosecha debe realizarse en el momento oportuno, ya que si se lleva a cabo antes, el agricultor estaría perdiendo dinero, pues el fruto incrementa su peso el 65% en los últimos ocho días antes de la cosecha.

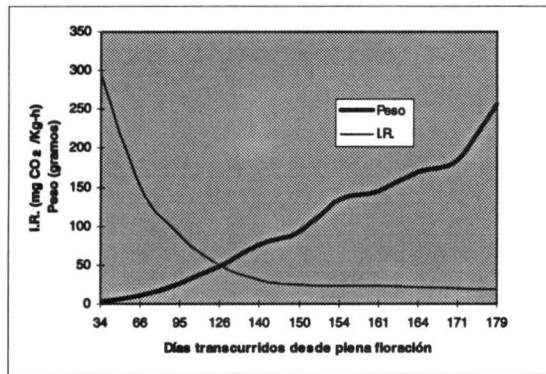


Figura 1. Variación del peso y de la intensidad respiratoria de frutos de pera (variedad Triunfo de Viena) período precosecha

Para la cosecha de 1996 [1], se encontró que el período desde plena floración hasta el punto de madurez fisiológico de la pera Variedad Triunfo de Viena producida en Nuevo Colón (Boyacá), era aproximadamente 150 días, con un desfase de 29 días con respecto a la cosecha de 1997. Los valores de tamaño y peso encontrados para la cosecha de 1997 son sustancialmente menores que los de la cosecha de 1996 durante los cuatro primeros meses de edad del fruto; estas variaciones se deben posiblemente a las condiciones climáticas adversas (lluvias y vientos) que prevalecieron en el período de floración correspondiente a la cosecha de 1997, lo cual produjo caída de flores y retraso en el desarrollo de los frutos.

2. INDICES DE COSECHA

- ♦ **Intensidad respiratoria:** la figura 1 muestra la curva de intensidad respiratoria en el período precosecha de la pera (variedad Triunfo de Viena); en ella se observa que ésta va disminuyendo a medida que el fruto se desarrolla, hasta alcanzar un valor mínimo de 18,09 mg CO₂ / kg-h el día de cosecha (179 días de edad).
- ♦ **Firmeza (Resistencia a la penetración):** la resistencia a la penetración no se pudo determinar en los primeros 126 días de crecimiento, debido a que el valor era mayor que la capacidad del penetrómetro utilizado (13 kg). A los 140 días de edad, el valor promedio de la resistencia a la penetración fue de 9,2 kg disminuyendo paulatinamente hasta un valor de 7,17 kg a los 179 días de edad, momento en el cual se cosechó el producto. Desde los 140 días hasta la cosecha la resistencia a la penetración disminuyó en el 22,1%.
- ♦ **Sólidos Solubles (°Brix):** a los 34 días de edad el valor promedio de °Brix fue de 6,04, el cual fue aumentando paulatinamente hasta un valor promedio de 12,67 °Brix el día de la cosecha. El comportamiento del contenido de sólidos solubles se observa en la figura 2.

- ♦ **pH:** en general para el período precosecha el pH presenta un comportamiento aproximadamente lineal de pendiente negativa, lo cual indica que este índice no se puede considerar aisladamente para determinar el momento de la cosecha, debido a su poca sensibilidad para el caso de la pera.
- ♦ **Acidez titulable (% de ácido málico):** como era de esperarse, a medida que el fruto crece y madura los ácidos presentes se van transformando en otras sustancias (azúcares), lo cual está representado por la disminución cronológica del % de ácido málico presente en los frutos
- ♦ **Relación de madurez:** La tendencia de la relación de madurez durante el periodo precosecha para frutos de pera aumenta a medida que el fruto crece y se desarrolla, ajustándose al comportamiento de los productos hortifrutícolas en general (véase figura 2). Este comportamiento es explicable, puesto que la relación de madurez es el cociente entre sólidos solubles (los cuales aumentan a medida que el fruto se desarrolla) y la acidez titulable (disminuye con la edad para el mismo caso)

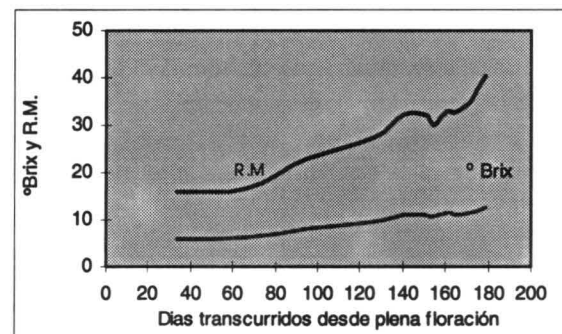


Figura 2. Variación de °Brix y R.M. de frutos de pera (variedad Triunfo de Viena). Precosecha.

Los coeficientes de variación, CV, obtenidos para los diferentes parámetros estudiados oscilan entre 2,6% y 24,0%, lo cual significa que la pera (variedad Triunfo de Viena) presenta tamaños y pesos heterogéneos, así como también varían las propiedades fisiológicas en frutos de la misma edad en toda la etapa de precosecha y durante la cosecha. Estos resultados se deben principalmente, según lo observado en campo, a los diferentes tratamientos dados a los cultivos por los agricultores; de allí la necesidad de realizar labores postcosecha como clasificación por tamaño y peso, y el diseño de empaques especiales.

- ♦ **Correlación de índices de cosecha:** de acuerdo con los coeficientes de correlación encontrados, se concluye que a medida que el fruto crece y se desarrolla en la planta, el peso, los sólidos solubles (°Brix) y la relación de madurez, RM, aumentan, mientras que el contenido de ácido (%A),

la intensidad respiratoria, IR, y la firmeza, RP, disminuyen. Este comportamiento es el típico de los productos hortifrutícolas, e indica que el fruto va madurando a medida que crece.

C. COSECHA

1. PROPIEDADES FÍSICAS

En el cuadro 1 se presentan los resultados de las características de la pera (variedad Triunfo de Viena) en el momento de la cosecha.

- ♦ **Forma, Tamaño y Peso.** La pera variedad Triunfo de Viena, cuyas dimensiones características promedio en el momento de la cosecha son de 77 mm, con un peso promedio de 306,3 g, presenta en términos generales una forma muy cercana a una esfera, lo cual es ratificado por los valores cercanos a uno (1) para esfericidad y redondez, siendo éstas de 0,87 en ambos casos. Los coeficientes de variación encontrados para esfericidad y redondez son de 5,7 y 7,0, respectivamente, lo cual indica que estas características son relativamente uniformes para este producto. Los coeficientes de variación para el tamaño y el peso son de 15,2 y 24,0 respectivamente, valores relativamente altos, lo cual indica que el tamaño y el peso de los frutos de pera pueden variar significativamente de un fruto a otro en el momento de la cosecha.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS EN COSECHA DE LA PERA

Parámetro	Promedio	Desviación	Cv (%)
Tamaño (mm)	77,04	11,64	15,2
Peso (g)	306,30	73,42	24,0
I. R. (mg CO ₂ /kg-h)	18,09	3,41	18,8
°Brix	12,67	1,43	11,3
% Acido Málico	0,31	0,02	5,0
RM	40,35	4,69	11,6
pH	4,16	0,14	3,4
Firmeza	7,17	0,57	8,0
Esfericidad (fracción)	0,87	0,05	5,7
Redondez (fracción)	0,87	0,06	7,0
Area superficial (cm ²)	221,24	36,06	16,3
γ _r (kg / m ³)	1018,63	18,51	1,8
γ _a (kg / m ³)	497,76	46,67	9,4
η (%)	51,13	4,56	8,9

- ♦ **Peso específico y Porosidad:** estos parámetros físicos fueron los que presentaron menor variación estadística. El peso específico real presentó un valor promedio de 1.018,63 kg/m³, con una desviación de 18,51 y con un coeficiente de variación de 1,8%; el peso específico aparente obtenido para este producto fue de 497,76 kg / m³, con una desviación de 46,67 y con un coeficiente de variación de 9,4%. Esta variación se debe a que es muy difícil acomodar el producto en un empaque debido a la gran variedad en su tamaño y forma. La porosidad encontrada en función de los pesos específicos fue de 51,1%.

- ♦ **Área superficial:** este parámetro es muy variable para la pera (variedad Triunfo de Viena), debido a la gama de tamaños; presentó un valor promedio de 221,24 cm², con una desviación estándar de 36,06 y un coeficiente de variación de 16,3%. Según los valores de r² y de la estadística F, el método de regresión que presenta el mejor ajuste es el lineal, cuya ecuación de regresión es:

$$A_s = 0,4821 W + 73,558 \quad (8)$$

Donde:

A_s = Area superficial de la pera (variedad Triunfo de Viena) en cm².

W = Peso individual de la pera en gramos

D. COMPORTAMIENTO DE LA PERA DURANTE EL PERÍODO POSTCOSECHA

En la etapa Postcosecha se consideraron tres condiciones de almacenamiento diferentes:

- ♦ Condición 1. T = 18°C; H R = 75%.
- ♦ Condición 2. T = 11°C; H R = 80%.
- ♦ Condición 3. T = 3°C; H R = 90%.

Para cada una de las condiciones anteriores se realizó el seguimiento al comportamiento del producto, para lo cual se determinó la variación del peso y de los índices de madurez a través del período de almacenamiento.

- ♦ **Pérdida de peso:** en la figura 3 se presenta la pérdida de peso de los frutos de pera para tres condiciones de almacenamiento. En ella se observa que las condiciones más adversas para su conservación corresponden a la mayor temperatura de almacenamiento (T = 18°C; H R = 75%), a la cual se presentó una mayor pérdida de peso y un deterioro más acelerado, con descomposición total del producto en el día 33 del almacenamiento y pérdida total de peso de 16,9%; el deterioro se evidenció después de los 20 días de almacenamiento (inicio de pudrición en la base, hongos, manchas). El producto almacenado a 11°C y 80% de

humedad relativa inició su deterioro el día 38, y llegó a ser total a los 52 días de almacenamiento y registró una pérdida total de peso de 20,2%.

La pérdida de peso fue relativamente alta debido a la baja humedad relativa; la literatura recomienda una humedad relativa entre el 85% y 95% para frutos de pera en sistemas de refrigeración. Los productos almacenados a una temperatura de 3°C y una humedad relativa de 85%, iniciaron su deterioro en el día 85 del almacenamiento, y llegó a ser total a los 124 días con una pérdida total de peso de 24,8%. Si se toman valores de pérdida de peso en porcentaje para el mismo intervalo de tiempo (33 días) se obtiene: para almacenamiento a 18°C el 17%; a temperatura de 11°C el 13,7%; y a temperatura de 3°C, la pérdida de peso en promedio es del 7,6%. Esto significa que la mayor pérdida de peso se presenta a temperatura ambiente y a la humedad relativa más baja.

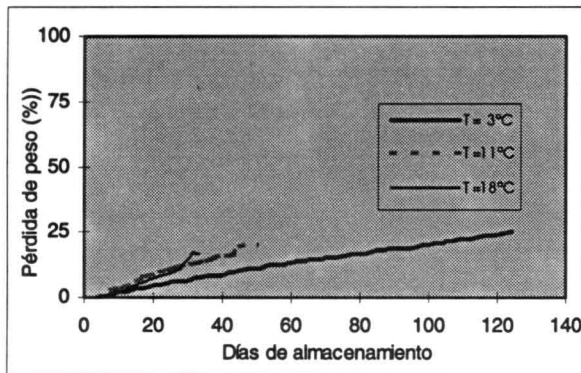


Figura 3. Pérdida de peso de frutos de pera (Variedad Triunfo de Viena). Almacenamiento

♦ **Intensidad Respiratoria:** la intensidad respiratoria para la pera (variedad Triunfo de Viena), en las diferentes condiciones de almacenamiento, presentó el comportamiento típico de Productos climatéricos. En los días posteriores de la cosecha se dio un aumento paulatino de la intensidad respiratoria hasta lograr un punto máximo (climaterio) y posteriormente empezó a descender hasta llegar a la muerte del producto (senescencia). La magnitud de estos cambios en la tasa de respiración estuvieron en función de las condiciones de almacenamiento. (véase figura 4)

Las frutas almacenadas a una temperatura de 18°C y una humedad relativa de 75%, llegaron al climaterio a los 22 días de almacenadas con una intensidad respiratoria de 35,87 mg CO₂/kg - h. La intensidad respiratoria descendió hasta 15,21 mg CO₂/kg - h; en el día 33 se observó un deterioro total del producto. Los frutos de pera almacenados a temperatura de 11°C y humedad relativa de 80% presentaron el climaterio a los 36 días de almacenamiento con una intensidad respiratoria de 28,59 mg CO₂/kg - h. Para los productos almacenados a

una temperatura de 3°C y una humedad relativa de 85%, el climaterio se presentó a los 93 días de almacenamiento con una intensidad respiratoria de 15,71 mg CO₂/kg - h. De acuerdo con los valores de la intensidad respiratoria registrados para la temperatura de 3°C, se observa que la tasa de respiración disminuye en un gran porcentaje para el período de almacenamiento: de ahí el aumento de la vida del producto. Algunos frutos almacenados a ésta temperatura empezaron a sufrir daño por frío a los 85 días, (corazón negro) el cual se hizo más crítico después del climaterio; el almacenamiento se prolongó hasta 124 días, con una intensidad respiratoria de 11,76 mg CO₂/kg - h; se observó aproximadamente en el 60% de las peras daño por frío y deshidratación debido al almacenamiento prolongado.

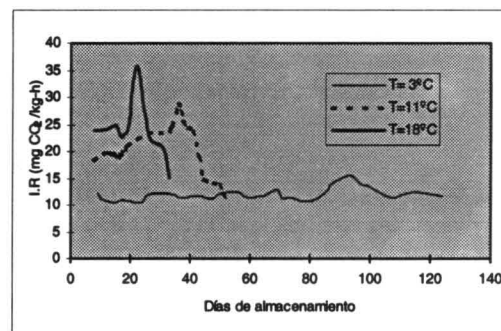


Figura 4. Variación de la intensidad respiratoria de frutos de pera (variedad Triunfo de Viena). Almacenamiento

♦ **Variación de la Firmeza (Resistencia a la penetración):** para las condiciones de almacenamiento consideradas, la firmeza de la pera disminuye a través del tiempo, siendo más rápida en los productos almacenados a temperaturas más elevadas; es decir, la resistencia a la penetración es mayor cuanto menor sea la temperatura de almacenamiento (Véase figura 5).

La pérdida de peso y la resistencia a la penetración se relacionan directamente porque al perder humedad el producto, los tejidos pierden turgencia.

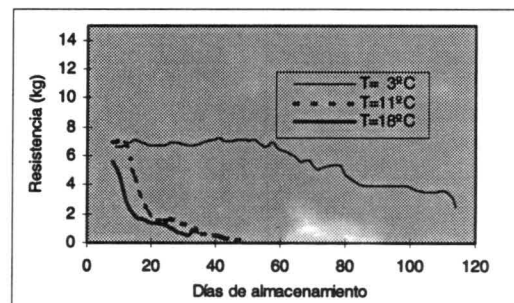


Figura 5. Variación de la firmeza de frutos de pera (variedad de Triunfo de Viena). Almacenamiento.

- ♦ **Sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix):** uno de los parámetros más heterogéneos en el período de almacenamiento en las diferentes condiciones, fue el del contenido de sólidos solubles, ($^{\circ}$ Brix), debido a que el producto almacenado provenía de diferentes fincas y con diferentes tratamientos agronómicos. En general se observa un aumento de los sólidos solubles a medida que el fruto alcanza su madurez organoléptica, prolongándose hasta su senescencia.
- ♦ **pH:** el pH realmente no es una variable representativa, ya que los valores promedio oscilan entre 4,04 y 4,90 aproximadamente, para todas las condiciones de almacenamiento, observándose en general un ligero incremento del pH.
- ♦ **Acidez titulable (% de ácido málico):** para las diferentes condiciones de almacenamiento, se observa que el porcentaje de ácido málico disminuye a medida que el fruto madura.
- ♦ **Relación de madurez RM:** la relación de madurez aumenta a medida que el producto madura, debido a que ésta es una función del porcentaje de ácido y de los sólidos solubles; a medida que el ácido disminuye y los sólidos solubles aumentan, la relación de madurez aumenta (véase figura 6).

Durante el almacenamiento para cada una de las condiciones, la relación de madurez y el pH aumentan a medida que el porcentaje de ácido disminuye. En la figura 7 se puede observar el deterioro total en el que se encuentran las peras almacenadas a una temperatura de 18°C y humedad relativa del 75% a los 33 días; las peras de la figura 8 tienen el mismo tiempo de almacenamiento pero a una temperatura de 11°C y humedad relativa de 80%. Estas últimas aún no habían llegado al climaterio. A los 101 días de almacenamiento a una temperatura de 3°C y humedad relativa de 85% se observa que el producto está en muy buenas condiciones físicas, y presenta únicamente manchas superficiales (véase figura 9).

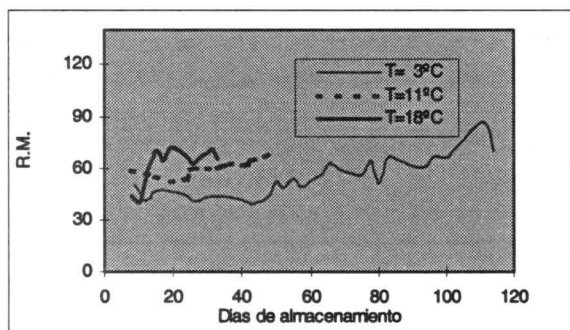


Figura 6. Variación de la relación de madurez, RM, de frutos de pera (variedad Triunfo de Viena) Almacenamiento



Figura 7. Tiempo de Almacenamiento 33 días; T= 18°C. Senescencia.



Figura 8. Tiempo de Almacenamiento 33 días; T= 11°C.



Figura 9. Tiempo de Almacenamiento 101 días; T= 3°C. Postclimaterio

CONCLUSIONES

- ♦ En la etapa de precosecha se registró un incremento en la relación de madurez, contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y un descenso de la intensidad respiratoria, pH, porcentaje de ácido málico y resistencia a la penetración; este comportamiento es típico de las diferentes variedades de pera, según estudios reportados por la literatura consultada.
- ♦ La intensidad respiratoria, para el punto de madurez fisiológica de la pera variedad Triunfo de Viena, en la

presente investigación es de 18,09 mg CO₂/kg-h, encontrada a los 179 días después de plena floración; este parámetro es el más significativo para determinar el momento apropiado de la cosecha.

- ◆ La pera Variedad Triunfo de Viena presentó en el momento de la cosecha un diámetro mayor de 75,9 mm, un diámetro menor de 75,33 mm y una longitud de 79,89 mm; se encontró que tiene una esfericidad y redondez de 0,87, lo cual indica que tiene una forma casi esférica con tendencia a ser un poco alargada. Los coeficientes de variación, relativamente altos, en tamaño, peso y forma se deben, principalmente, según lo observado en campo, a los diferentes tratamientos dados a los cultivos por los agricultores. Estas propiedades físicas se determinaron con el fin de dar unos parámetros para su selección, clasificación, diseño de empaques, diseño de equipos y sistemas de limpieza.
- ◆ El peso específico real en el momento de la cosecha fue de 1.018,63 kg/m³; el peso específico aparente fue de 497,76 kg/m³, lo cual permite determinar una porosidad de 51,13%. Estos son parámetros fundamentales para el diseño de empaques y dimensionamiento de sistemas de almacenamiento (cuartos fríos, principalmente). Otra de las características determinadas es el área superficial, la cual fue, en promedio, de 221,24 cm²; aplicando métodos de regresión se encontró que se relaciona con el peso de una forma lineal según la ecuación de $As = 0,4821W + 73,558$. Este parámetro es importante cuando se realizan labores de postcosecha como el caso de la limpieza y el encerado para determinar las cantidades de cera que se van a aplicar.
- ◆ La resistencia a la penetración es uno de los parámetros que tuvo mayor variación a lo largo del período precosecha, partiendo de un valor mayor a 13 kg durante los primeros 4 meses y llegando a ser de 7,17 kg en el momento de la cosecha.
- ◆ El contenido de sólidos solubles, el porcentaje de ácido málico y el pH fueron en el momento de la cosecha de 12,67 °Brix, 0,31% y 4,16 respectivamente. Estos parámetros no son indicadores directos del punto de madurez fisiológica, ya que durante todo el proceso de crecimiento y maduración del fruto no varían de forma significativa. El parámetro que se utiliza en este caso como un índice confiable de cosecha es la relación de madurez que en el momento de la cosecha fue de 40,35.
- ◆ La pera variedad Triunfo de Viena es un fruto climatérico, cuyo punto de máxima intensidad respiratoria (climaterio) puede desplazarse en el tiempo dependiendo de las condiciones de almacenamiento. Así, el período contado desde el inicio del almacenamiento hasta el momento en que se presenta el climaterio es menor a mayor temperatura. Para las condiciones estudiadas, el climaterio se presentó en el día 22, en el día 36 y en el día 93 del almacenamiento, para las temperaturas de 18°C, 11°C y 3°C, respectivamente. Para las condiciones de 3°C y humedad relativa de 85%, el producto se conservó en buen estado por un período de tres meses, lo que implica que puede cubrirse el mercado hasta agosto cuando no hay producción en la región y así poder regular precios y mejorar los ingresos de los agricultores.
- ◆ La pérdida de peso a los 33 días de iniciado el almacenamiento fue de 17%, 13,7% y 7,6% para las temperaturas de 18°C, 11°C y 3°C, respectivamente; lo anterior implica que a menor temperatura y mayor humedad relativa, la pérdida de peso en el almacenamiento es menor debido a la baja transpiración.
- ◆ El contenido de sólidos solubles (°Brix), el porcentaje de ácido y el pH durante el almacenamiento a las tres temperaturas no variaron de forma significativa, presentando un comportamiento aproximadamente lineal. Estas propiedades son importantes cuando el producto se va a industrializar e influyen sobre la calidad organoléptica.
- ◆ La relación de madurez fue un parámetro diferencial, ya que se obtuvo una mayor relación de madurez para las peras almacenadas a mayor temperatura que para las almacenadas a la temperatura más baja, lo cual nos lleva a concluir que las peras almacenadas a temperatura ambiente maduran más rápido y, por tanto, llegan a la senescencia más rápidamente.
- ◆ Los índices más sensibles para el período precosecha y postcosecha fueron la Intensidad respiratoria, la relación de madurez y la resistencia a la penetración. Este último parámetro es muy importante para la calidad organoléptica del producto; los valores obtenidos en climaterio fueron de 1,33 kg para la temperatura de 18°C, 1,11 kg para la temperatura de 11°C y de 3,73 kg para la de 3°C; se observó que las peras almacenadas a 18°C y 11°C tenían mayor jugosidad y una palatabilidad más aceptable que las almacenadas a 3°C.
- ◆ El conocimiento de las propiedades físicas y del comportamiento fisiológico de la pera permitirán -en estudios posteriores- establecer las técnicas más adecuadas para su manejo y conservación durante el período Postcosecha, facilitando a la vez disponer de una mayor cantidad de producto de buena calidad, con miras a suplir la demanda de la creciente población nacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRAGAN, M., SANCHEZ, L. *Determinación de las propiedades físicas y fisiológicas de la pera variedad Triunfo de Viena, durante el periodo de precosecha, cosecha y postcosecha . Almacenamiento a tres temperaturas*, Tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Ingeniería; Departamento de Ingeniería Agrícola, para optar al título de Ingeniero Agrícola, Santafé de Bogotá D.C., Colombia, 1998.
2. CONVENIO SENA - REINO UNIDO, COMPETITIVIDAD EN FRUTAS, *Memorias del Primer Simposio Internacional en Postcosecha*, Programa Nacional de Capacitación en Manejo Postcosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Armenia, 19 y 20 de septiembre de 1996.
3. MOHSENIN, Nuri N. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Vol. 1, Gordon and Breach, Science Publishers Ltd, New York, U.S.A., 1970.
4. PANTASTICO, E.B, *Fisiología de la Postrecolección, manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales*, 1ª ed. en español, Compañía Editorial Continental S.A., México D.F, México, 1979.
5. PARRA C, A., *Diseño de una Metodología para la Determinación de las Características Físicas y Fisiológicas Necesarias para el Adecuado Manejo Cosecha y Postcosecha de Pera en el Municipio de Nuevo Colón (Boyacá)*, Tesis presentada a la Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo, para optar al título de Magister en Gestión Ambiental Para el Desarrollo, Santafé de Bogotá, D.C. 1997.
6. PARRA, C. A. y HERNÁNDEZ, H. J.E. *Fisiología Postcosecha de Frutas y Hortalizas*, 2ª ed., , Unidad de Publicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá D.C, 1997.
7. SARMIENTO S, A. y NARANJO, O.C., *Frutales Caducifolios Manzano Peral Durazno Ciruelo*, SIAC, FENALCE , Santafé de Bogotá D.C, 1993
8. URPAS - UMATAS, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, OFICINA DE INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICA, *Estadísticas de Producción de Frutas en Colombia*, marzo 13 de 1997.