

# FISIOLOGIA EN ALMACENAMIENTO DE LA FLOR COLOMBIANA

**Gerhard Fischer**

*Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia.  
Santafé de Bogotá. E-mail: gfischer@bacata.usc.unal.edu.co*

---

## RESUMEN

La fisiología y la calidad de la flor cortada están determinadas por una serie de factores endógenos y exógenos. Los factores de pre cosecha como la intensidad lumínica, la temperatura, la humedad relativa, la nutrición y el suministro de agua son muy importantes para producir flores con alto contenido de carbohidratos y resistencia en el manejo poscosecha. Flores cosechadas con botones más cerrados producen menos etileno y son menos sensibles a este gas, además de adaptarse mejor a bajas temperaturas. Los carbohidratos, como fuente principal de energía, determinan la longevidad de los pétalos, siendo la sacarosa la forma química como circulan los azúcares en la flor de corte. Debido a su morfología, los pétalos son muy susceptibles a la deshidratación y algunas especies no resisten un almacenamiento en seco sino solamente en agua. Las temperaturas del almacenamiento dependen del origen de la especie, siendo 1°C muy apropiado para claveles, rosas y crisantemo. Un preenfriamiento de las flores para eliminar el calor del invernadero es indispensable.

## ABSTRACT

The physiology and quality of cut flowers are determined by a number of endogenous and exogenous factors. Preharvest conditions, such as light intensity, temperature, relative humidity, nutrition and water supply are very important factors in order to produce flowers which contain high percentages of carbohydrates and show high resistance during postharvest handling. Flowers harvested in the bud stage produce less ethylene and are less sensitive to ethylene action and show a better adaptation to low temperatures than open flowers. The carbohydrates, as the energetic source, determine the longevity of petals. Sucrose is the chemical form how sugars circulate within the cut flower. Petals, due to their morphology, are very susceptible to desiccation and some species do not allow dry storage conditions requiring to be held in water. Storage temperatures depend on the origin of the species, being 1°C the most appropriate for carnations, roses and chrysanthemums. A precooling of the cut flowers in order to eliminate greenhouse temperature is indispensable.

## 1. INTRODUCCIÓN

La flor en su último estado de desarrollo en la planta y especialmente, después del corte, responde a las condiciones de estrés con una senescencia acelerada. Para retardar estos procesos la única posibilidad consiste en intervenir el metabolismo de la flor, usando diferentes métodos químicos o físicos, con el fin de retrasar el proceso inevitable de la senescencia o inhibirla, por lo menos, temporalmente (Fischer, 1999). Generalmente, el almacenamiento refrigerado origina un retardo de la velocidad de los procesos metabólicos como la respiración, la producción de etileno y la transpiración e inhibe el daño por infección de

patógenos. De acuerdo a Schubach y Röber (1998), un almacenamiento en condiciones óptimas, asegura para muchas especies florales un máximo de longevidad, debido a la disminución de la edad fisiológica de la flor.

Durante la cadena de poscosecha y transporte, aproximadamente el 20% de las flores de corte se pierden por mal manejo (Hardenburg et al., 1986). Para obtener un almacenamiento exitoso a bajas temperaturas se deben usar solamente genotipos (géneros, especies y variedades) aptos, con calidades de flor altas y cosechados totalmente sanos y sin daños físicos que puedan garantizar:

- Una baja tasa de respiración (fijada genéticamente),
- Un alto contenido de citoquinina,
- Un bajo consumo de agua,
- Un alto contenido de materia seca (reservas respiratorias).

Además,

- Las flores deben resistir carga mecánica,
- Deben ser nutridas y regadas suficiente y frecuentemente,
- Deben ser cosechadas en el estado de botón.

## 2. VARIACIÓN GENÉTICA DE LA LONGEVIDAD

Todavía hay dificultades en entender completamente la fisiología y recomendar las condiciones apropiadas para un almacenamiento de flores en frío, debido a que existe un amplio número de especies y variedades con exigencias muy diferentes y además, con una longevidad muy corta.

Las variedades de una misma especie no solo se distinguen en su color y forma de los pétalos, sino también en las características morfológicas como en el grosor de la cutícula foliar y la densidad estomática, además, en la firmeza de sus tejidos de soporte o de propiedades fisiológicas como el contenido de citoquininas, la producción de etileno, la actividad respiratoria y la capacidad de almacenar carbohidratos.

Pardo (1997) afirma que de acuerdo al color de los pétalos, los claveles muestran marcadas diferencias en la posible duración en su almacenamiento en frío, como indica la tabla 1; empacando únicamente un color por caja y en lo posible una variedad.

Para muchas variedades las cuales se están introduciendo a Colombia no existen suficientes conocimientos sobre su fisiología en poscosecha, lo que exige varios estudios previos que dificultan y alargan su adaptación; por otro lado, el desconocimiento puede causar problemas en el comportamiento posterior, es decir, en florero.

Tabla 1: Posible duración de almacenamiento (a 1°C) de claveles, según el color de sus pétalos

Color	5 días	15 a 20 días	30 días	> 30 días
Moradas y lavandas	X			
Rojos, cerezas jaspeados		X		
Amarillos, naranjas, peppermint			X	
Blancos y rosados				X

### 3. CONDICIONES DEL CULTIVO

Se ha estimado que el 70% de la vida de las flores se encuentra ya definida al momento de la cosecha, sin importar los cuidados que subsiguientemente impartieran los cultivadores, mayoristas, minoristas o consumidores (Staby, 1998).

Los factores climáticos y los manejos culturales, especialmente en las últimas semanas antes del corte, afectan profundamente el comportamiento de la flor en almacén, teniendo influencias marcadas en el número de pétalos, diámetro del botón y longitud del tallo, entre otras.

La cantidad de la **luz** recibida es decisiva para la calidad de la flor. Una radiación solar más alta, según Vonk Noordegraaf (1995), fomenta el peso y la coloración (clavel), los tallos más firmes, el mayor número de botones florales y una menor abscisión de flores (lirio, gladiolo y rosa). La intensidad lumínica, en relación con otros factores, como temperatura, dióxido de carbono, agua y nutrición, determina la producción de la materia seca y carbohidratos de una variedad. Según Fischer (1997), el porcentaje de materia seca, acumulada en tallo y flor, se toman como un parámetro de calidad y durabilidad de las flores. Lo más importante es que los asimilados formados por la fotosíntesis sean usados en poca cantidad por la respiración cuando el cultivo se acerca a la cosecha. Esto se logra cuando los días son bien iluminados y las noches no son tan calientes, sino más bien frescas.

Por lo anterior, las condiciones climáticas del sitio tienen una gran importancia en relación al promedio del brillo solar recibido antes de la cosecha y la calidad de la flor. Cuanto mayor es la duración del brillo solar durante los últimos 14 días antes del corte, tanto mayor es la longevidad. Pero, cuando se ilumina artificialmente con lámparas de sodio de alta presión, la calidad de la rosa en poscosecha es afectada profundamente, debido a que, el crecimiento de los tejidos es más succulento y estas flores transpiran mucho más después del corte.

Las **temperaturas** antes de la cosecha no deben ser altas, porque en estas condiciones disminuye la asimilación neta y se reduce el contenido de azúcar en flor y tallo. Sin embargo, en rosas, temperaturas de 21 a 24°C, en la última semana antes de la cosecha, prolonga la longevidad en muchas variedades, comparado con rosas cosechadas a 13-16°C (Schubach y Röber, 1998). También, los mismos autores reportan que los claveles, cultivados bajo condiciones de alta luminosidad y temperaturas de 24°C producen botones florales más grandes y tallos más firmes comparados con los obtenidos a 15°C.

Acosta (1999) destaca la importancia del rango entre las temperaturas mínimas y máximas en el cultivo sobre la calidad poscosecha y recomienda no pasar de los 8 a 25°C en clavel, 12 a 25°C en rosa y gypsophila y 12 a 26°C en pompón bajo las condiciones de la Sabana de Bogotá.

Referente a la influencia de la **nutrición** sobre la conservación de la flor, el nitrógeno, el potasio y el calcio juegan un papel importante. En general, una oferta demasiado alta y sobre todo cambios bruscos en el suministro de nutrientes y a su vez, por causa de variaciones en la humedad del suelo pueden generar reducciones en la calidad y longevidad de las flores cortadas.

Está confirmado que una reducción del N, durante la última fase de crecimiento de la flor, favoreciendo al K, fomenta la longevidad de la flor cortada. En claveles, altos contenidos nitrogenados causan una senescencia prematura y daños en el cáliz de las flores cortadas, especialmente, cuando simultáneamente el potasio se reduce a concentraciones menores de 2% en la materia seca. Además, cuando en crisantemo existen condiciones de poca luminosidad por

una época larga, Schubach y Röber (1998) recomiendan no fertilizar en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), para no limitar la longevidad después del corte.

El calcio parece tener un efecto importante en la prolongación de la vida poscorte en las flores, como se encontró en rosas (Bolívar et al., 1999); debido a su función en la "cementación" de las paredes celulares y membranas, retardando la tasa de senescencia. De forma similar, una deficiencia potásica causa una menor longevidad poscorte del clavel.

Con respecto al **riego**, un cultivo en condiciones de humedad más baja fomenta el crecimiento del sistema radical, aumentando de esta manera la producción de las citoquininas; hormonas que promueven el desarrollo de la parte aérea. Pero, un alto déficit hídrico en el suelo puede suprimir la producción de las citoquininas en las raíces, produciendo plantas de baja calidad. La formación de un sistema radical abundante y bien ramificado es una condición para un potencial de alta durabilidad de las flores cortadas (Carow, 1981). Cuando se encuentra la **humedad relativa** en el cultivo superior al 85%, especialmente durante las últimas tres semanas antes del corte, se disminuye la longevidad de la rosa. La función de los estomas se afecta y el pedúnculo se desarrolla menos, fomentándose algunos síntomas como el cabeceo y la deshidratación de las hojas (Mortensen y Fjeld, 1995).

#### 4. PUNTO Y HORA DE CORTE

La flor en el momento del corte debe tener una madurez fisiológica, es decir, estar morfológica y bioquímicamente lo suficientemente desarrollada para expresar en las fases de la poscosecha las características propias de la variedad. Entre tanto, según Paulin (1997), muchas flores cortadas en estado de botón floral, se conservan más tiempo a bajas temperaturas y toleran mejor las condiciones de transporte, que las flores cosechadas más abiertas. Las ventajas en manejo y calidad en poscosecha de las flores cosechadas en el estadio de botón, para el caso del clavel, se puede resumir como sigue:

- Reduce la tasa de respiración
- Disminuye la producción de etileno
- Disminuye la sensibilidad al etileno exógeno
- Aplaza el inicio de la senescencia
- Reduce la tasa de transpiración
- Disminuye la sensibilidad a enfermedades fungosas
- Reduce la sensibilidad a daños físicos en el manipuleo
- Tolerancia a temperaturas bajas ( $0-1^\circ\text{C}$ ) en almacén
- Almacenamiento a largo plazo (4-6 meses)
- Resistencia mejor a ambientes con humedades relativas bajas
- Reducción del tiempo de la permanencia de la flor en cultivo.

Las flores cosechadas en estadios precoces pueden permitir su embarque hasta los mayoristas en contenedores refrigerados, produciéndose su apertura antes de la venta al consumidor.

Utilizando este método, se han hecho simulaciones de despachos por barco con gladiolos, iris, claveles, crisantemos y rosas; la calidad y longevidad de la mayoría de los despachos ha sido comparable o mejor que las de las flores frescas, cosechadas en el estadio de cosecha normal y transportadas vía aérea. Entre tanto, se aplica mejor a claveles y gladiolos.

La relación entre el punto del corte y la resistencia a bajas temperaturas puede depender de la especie y su origen. En especies florales como el anturio y las orquídeas, las cuales son originarias de los trópicos, son necesarias flores más abiertas para corte y estas no resisten temperaturas muy bajas durante el almacenamiento. En clavel, cosechado antes de su estado normal, se encontró una producción reducida de etileno y también una resistencia más alta durante el manejo poscosecha en seco. Esto se debe, de acuerdo con Paulin (1997), a una síntesis más activa de lípidos y a una menor saturación de ácidos grasos en las flores más jóvenes. Para un almacenamiento refrigerado del clavel, Pardo (1997) recomienda los puntos de corte como se indica en la tabla 2.

Tabla 2: Puntos de corte del clavel con sus posibles periodos de almacenamiento en frío (0-1°C), destinado a la exportación.

Punto de corte	Periodo de almacenamiento
Copa	Ninguno
Pétalo recto	Unos 10 días
Pétalo recto ajustado	20 - 25 días
Bala	20 - 30 días
Punto estrella	30 días y más
Botón	--

Finalmente, el punto de corte no depende solamente de la especie o variedad, sino también, de las condiciones climáticas que ocurrieron durante las semanas anteriores de la cosecha. Las flores que crecieron en una época de baja iluminación (invierno) se deben cortar en un estadio más avanzado, porque no contienen las mismas reservas de carbohidratos que las que crecieron durante el verano, con alta radiación solar.

La longevidad floral no está determinada por la hora del día, sino por las condiciones climáticas incidentes en el momento del corte. Se deben evitar condiciones extremas, como radiación solar y temperaturas altas. Durante temperaturas elevadas, normalmente, las plantas no están plenamente turgentes y un corte bajo estas circunstancias facilita la absorción de aire por los vasos conductores de los tallos. Por esto, es muy importante que las plantas estén totalmente turgentes en el momento del corte. Además, temperaturas altas en los tejidos de la planta contribuyen a una degradación rápida de las sustancias de reserva.

Cuando las plantas están túrgidas y no existen condiciones extremas durante y después del corte, la decisión del horario de la cosecha depende de la organización de la empresa, porque la durabilidad de la flor ya no se afecta. De esta manera, Acosta (1999) recomienda cosechar las flores entre las 6 y 9 a.m. y, después de las 9 a.m., usar cubiertas con Zaran para evitar alta radiación solar y ventilar bien con cortinas abiertas para mantener la temperatura baja.

### **1. Los carbohidratos y soluciones preservantes**

Todas las plantas y también flores cortadas, necesitan una fuente de energía para el funcionamiento de su metabolismo y para su desarrollo. Las flores intactas tienen una fuente nutricional constante a través de los carbohidratos de la fotosíntesis, pero, después del corte, la materia seca se reduce; esto se debe, al menos en parte, a la hidrólisis de macromoléculas

tales como azúcares, proteínas y ácidos nucleicos. Por otro lado, la longevidad de los pétalos está altamente relacionada con su contenido de carbohidratos, razón por la cual un alto porcentaje de azúcares en el momento de cosecha es indispensable para un almacenamiento a largo plazo.

La forma química de la circulación de los azúcares es la sacarosa, encontrándose que la glucosa suministrada al clavel se transforma en sacarosa antes de ser trascolada (Ho y Nichols, 1975).

La sacarosa se transloca, principalmente, por el floema, aunque cierta proporción de este azúcar circula también por el xilema. Además, existe una transferencia radial desde el xilema hasta el floema a lo largo del eje floral. La presencia de altas concentraciones de azúcares reductores en los capullos implica que allí se efectúa una hidrólisis de sacarosa. El botón floral es centro de afluencia del azúcar en forma de hexosa, como por ejemplo, la glucosa.

Estudiando el metabolismo de los azúcares, Paulin (1997) encontró en el clavel cortado 'Scania', que el agua azucarada aumenta en los pétalos la concentración de proteínas solubles, fenómeno que se ha observado igualmente en la iris. La glucosa favorece la síntesis de nuevas proteínas como ha mostrado la utilización de elementos radioactivos.

El efecto antisenescente del azúcar se asocia, aparentemente, con el mantenimiento del peso fresco y un incremento del peso seco. Las flores alimentadas con una solución de sacarosa o glucosa muestran, en florero, una vida más larga. Comparando flores a las cuales se ha suministrado, solamente agua, se encuentra que la longevidad aumenta hasta tres veces en clavel, rosa y boca de león y hasta dos veces en crisantemo y gladiolo (Paulin, 1997). En rosas, adicionando azúcar a la solución de florero, produce una mejor coloración, diámetro de la flor y longevidad de ellas, y para las variedades que tienen problemas en la apertura, el azúcar es un requisito para completar el desarrollo del órgano floral.

Halevy y Mayak (1979) destacan los azúcares como retardantes de los procesos de la senescencia al detener la degradación de proteínas y ácidos ribonucleicos, además mantienen la integridad de las membranas y de la estructura mitocondrial, y así, reducen la sensibilidad al etileno exógeno en el caso del clavel y mejoran el balance hídrico de la flor cortada. Además, los tratamientos de carga con azúcar garantizan que los botones se desarrollen completamente, los pétalos se desenvuelven y se mantienen más tiempo frescos en florero. Se usan concentraciones de azúcar de 1 a 7% en un suministro constante o de 5 a 12% cuando se emplea el "pulsing" solamente durante la noche (Schubach y Röber, 1998); y en el caso de almacenar claveles, se recomienda una concentración hasta un 10%. Contraindicaciones pueden presentarse por altas concentraciones de azúcar con un necrosamiento (rosas) o amarillamiento (crisantemos) del follaje. En estos casos, se recomienda colocar las flores antes en agua y después en la solución preservativo o usar concentraciones de azúcar más bajas.

Aparte de los azúcares, las soluciones preservantes contienen sustancias que disminuyen el valor pH, entre 3 y 4 (p.e. ácido cítrico), controlando la propagación de las bacterias y mejorando la absorción; reductores de etileno (p.e. tiosulfato de plata); bactericidas y fungicidas; coadyuvantes, hormonas y otras.

Para el almacenamiento largo y seco de los claveles colombianos recomienda Pardo (1997) la siguiente solución, diluido en 1 L de agua: "70 g de sacarosa + 0.2 g de 8 HQC (citrate de hidroxiquinoleina) + 1 cc Fungibact» hidratándolos durante 2 horas.

## 6. RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO

Las flores cortadas se envejecen más rápido cuando la tasa respiratoria es más alta y depende, como todas las acciones vitales, de la temperatura. La tasa de degradación de las sustancias respiratorias aproximadamente se duplica cuando la temperatura aumenta en 10°C. Sin embargo, de acuerdo a la regla de van't Hoff, el coeficiente  $Q_{10}$  es 2 para muchas reacciones bioquímicas ( $Q_{10}$  es el factor por el que se multiplica la velocidad de un proceso o reacción cuando la temperatura aumenta 10°C); este coeficiente se desvía notoriamente de este valor cuando se mide la respiración en diferentes temperaturas. En general, los valores  $Q_{10}$  son más altos con temperaturas bajas y se reducen por debajo de 2 cuando la temperatura alcanza el límite superior de su temperatura de crecimiento (Reid, 1991).

Especialmente durante el transporte, una respiración acelerada causa daños irreparables, pues, manteniendo flores solamente 5°C sobre su temperatura óptima, implica una pérdida de calidad aproximadamente del 25 al 50% (Vonk Noordegraaf, 1995).

En un ensayo con rosas y claveles, Reid y Kofranek (1980) encontraron que colocándolas a temperatura ambiente (20°C), aumentó alrededor de 25 veces su actividad respiratoria comparado con las flores en el cuarto frío con 0°C (tabla 3).

Tabla 3: Tasas de respiración en de rosas y claveles bajo diferentes temperaturas (según Reid y Kofranek, 1980).

Temperatura (°C)	Tasa de respiración (mg CO <sub>2</sub> /kg-h)	
	Claveles	Rosas
0	0	11
20	239	293
30	516	530

La energía, que necesita la flor de corte para la síntesis de sus productos vitales, se obtiene de la respiración de los asimilados y sus productos derivados. En la fase del poscorte, en cuartos oscuros, ya no existen ganancias de sustancias por asimilación y todas las sustancias de reserva (carbohidratos) se reducirán, hasta que el metabolismo de la flor deja de funcionar. Además, la planta tiene la facultad, después de gastar los carbohidratos, de utilizar las proteínas para la producción de energía. Esto ocurre en flores intactas, especialmente cuando existe un déficit hídrico (Paulin, 1997).

Los crisantemos respiran menos que los claveles y que son menos durables en la fase de poscorte Carow (1981). Por otro lado, se observó que el botón floral tiene tasas de respiración menores que las flores plenamente abiertas. La respiración de claveles abiertos fue cinco veces más alta que la de los crisantemos en el mismo estado.

En varias clases de flores de corte se ha observado durante la maduración del botón floral una fase con un aumento exagerado de las tasas respiratorias, como también existe en diferentes frutas y hortalizas, denominado como "climaterio". Probablemente, el climaterio es la consecuencia de los procesos de la maduración y su causa es la acelerada demanda energética para los mismos.

Estrechamente ligada a la respiración se encuentra la producción de etileno, siendo este gas el promotor del climaterio. Esta hormona afecta numerosos procesos del desarrollo y de la senescencia y su acción tiene un papel central en la regulación del marchitamiento de las

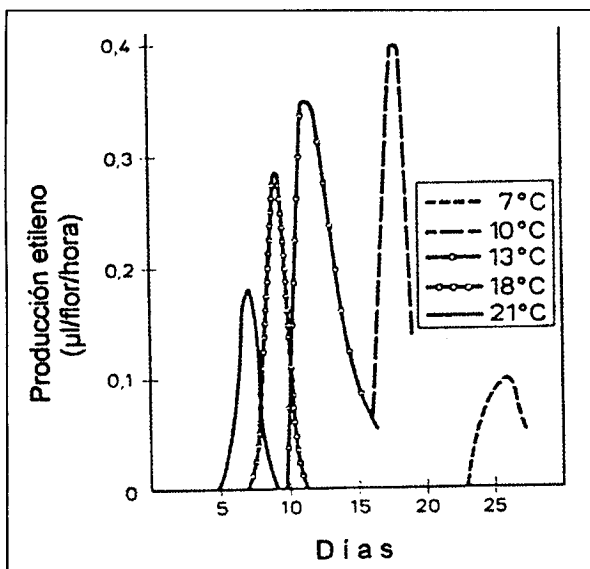
flores (clavel) y la abscisión de pétalos (boca de dragón). La biosíntesis (Flórez, 1998), los efectos y el posible control (Fischer, 1997) del etileno en la poscosecha de flores fueron descritos anteriormente.

La producción de etileno depende de la temperatura. Carow (1981) reporta que en claveles la producción máxima de etileno se inicia más rápidamente cuando la temperatura es más alta después del corte. Con una disminución de la temperatura se retrasa la producción elevada de este gas, y finalmente es suprimida (gráfica 1), razón por la cual las flores en cuarto frío se conservan más tiempo.

Para mantener bajo los niveles de la síntesis y la producción externa del etileno, durante el periodo de poscosecha, Nowack y Rudnicki (1990) recomiendan:

- Proteger las flores contra plagas y enfermedades,
- Prevenir la polinización de las flores,
- Evitar las heridas físicas durante el corte, clasificación y empaque,
- Cortar las flores en el estado de botón,
- Enfriar las flores inmediatamente después de la cosecha,
- Mantener las instalaciones (invernadero, sala de poscosecha, almacén) en buen estado y libres de residuos de plantas,
- No almacenar las flores con frutos o hortalizas,
- Evitar el almacenamiento de las flores en el estado de botón con aquellas de flor abierta,
- Usar almacenes con una elevada concentración de CO<sub>2</sub>,
- No usar motores de combustión en el invernadero o en la poscosecha,
- Ventilar adecuadamente los invernaderos, salas de poscosecha y almacenes.

Debido a que el etileno reacciona con algunos metales formando complejos que inhiben el efecto de este gas o demoran la pérdida de la integridad en las membranas; los pretratamientos con soluciones preservantes antes del almacenaje; por ejemplo con tiosulfato de plata; disminuyen en varias especies (clavel, gypsophila) su efecto notablemente. Además, los tratamientos para controlar la producción de etileno se deben realizar con la suficiente anterioridad del pico de etileno, según la variedad y las condiciones del cultivo y de la poscosecha, en el clavel ocurre entre 4 y 6 días después del corte.



Gráfica 1: Producción de etileno en poscosecha de claveles, usando diferentes temperaturas (modificado según Carow, 1981).

## 7. TRANSPIRACIÓN

Generalmente, las flores, en el momento del corte contienen, dependiendo de la especie y órgano, entre 70 y 95% de agua. Cuando se colocan en una atmósfera seca, sus tejidos pierden agua (en forma de vapor) rápidamente como un resultado de la transpiración, principalmente por los estomas y en menor grado por la cutícula. Cuando las flores han perdido entre 10 a 15% de su peso fresco inicial, normalmente se marchitan; demeritando su calidad y valor comercial. Los pétalos de algunas flores se deshidratan a humedades relativas más bajas, de 70 a 80% (Ospina, 1999). Esta situación ocurre porque el contenido de vapor de agua en los espacios intercelulares de la flor es casi 100% (Nowak y Rudnicki, 1990), mientras el contenido de vapor de agua en el ambiente, normalmente, es menor. Por esta razón, las flores van a perder el agua más lentamente en condiciones de una humedad relativa (H.R.) alta.

Por el contrario a los frutos y hortalizas, que poseen una forma más o menos redonda y compacta, las flores poseen una alta relación entre superficie y volumen o peso del producto, lo que ocasiona que transpiren más; por otro lado, se calientan rápidamente durante el aumento de la temperatura. Adicionalmente, los tejidos florales, especialmente los pétalos, no están suficientemente protegidos por una cutícula, y por esto son muy sensibles a la pérdida de agua por transpiración y al frío. Los tejidos lesionados por heridas, magulladuras o enfermedades amplían la superficie de transpiración y la actividad fisiológica del tejido. Mientras más grande sea la masa o el área foliar de las flores de corte, más alta será su tasa de transpiración. No obstante, los tejidos epidermales expuestos al aire, regulan la intensidad transpiratoria por medio de un cierre de los estomas; es imposible eliminar la pérdida de agua por transpiración completamente.

Cuando el aire en el almacén (o en la poscosecha en general) tiene una humedad relativa baja, la presión de vapor del aire se reduce, produciendo un flujo de vapor de agua desde la flor hacia el ambiente, en este las flores pierden más peso y calidad comparadas con las flores en un ambiente de mayor humedad (tabla 4). De la misma manera, al aumentar la temperatura en el almacén, la presión de vapor del agua en el interior de la flor aumenta.

Tabla 4: Pérdida de peso (%) en algunas especies de flores durante su almacenamiento en seco en cámaras frigoríficas (1°C) con diferentes humedades relativas (tomado de Schubach y Röber, 1998).

Especie	99 % H.R.	90 % H.R.
Fresia	3.3	4.1
Iris	0.9	2.0
Narciso	5.3	8.1
Tulipán	12.5	1.1
Rosa	7.9	13.4

Por otro lado, el movimiento del aire en el almacén incrementa la transpiración. Sin embargo, una ventilación moderada es importante para regular la temperatura constante en todo el almacén y así evacuar el calor producido por la respiración de las flores y las sustancias tóxicas del metabolismo, liberadas por los tejidos vegetales.

Todas las barreras físicas (el empaque apropiado) disminuyen el efecto de los factores externos sobre las flores. Dichas barreras evitan una transpiración exagerada, pero permiten

un intercambio de gases entre el producto y el ambiente; además, evitan la infección por los patógenos fungosos. Humedades relativas entre 90 y 95% en el almacén son recomendables, humedades más altas, superiores al 95%, pueden causar (por medio del agua de condensación) manchas en las flores y ataques de *Botrytis cinerea*.

## 8. TEMPERATURA

Mientras las temperaturas moderadamente altas fomentan el desarrollo del botón floral intacto, después del corte debe ser colocado en condiciones de frío para reducir sus actividades metabólicas y de este modo prolongar su conservación.

Muchos procesos físicos dependen de la temperatura como son: la difusión de gases (p.e. el etileno) y de líquidos (p.e. los azúcares diluidos) en la planta, la solubilidad de los iones y la viscosidad del agua; que afectan la velocidad de transporte (p. e. en la hidratación) y la transpiración (deshidratación de la flor). Otro efecto de la temperatura se encuentra relacionado con el aumento en la velocidad de las reacciones bioquímicas, pero tal aumento de velocidad depende del tipo de reacción específica, siendo más importante en la respiración (ver punto 2).

Los efectos positivos más importantes de las bajas temperaturas sobre la fisiología de la flor almacenada son los siguientes:

- Disminución de la respiración, disminuyendo la influencia sobre la actividad enzimática en las mitocondrias;
- Reducción de la transpiración, debido a la disminución de la temperatura ocasiona una disminución en el déficit de presión del vapor de agua y aumenta la viscosidad del agua,
- Disminución de la acción y desarrollo de los microorganismos dañinos en la poscosecha,
- Retardo del desarrollo del botón floral y de la senescencia,
- Reducción de la sensibilidad de las flores al etileno y su producción autocatalítica,
- Disminución de la degradación de los nutrientes y otras sustancias almacenadas en la flor.
- Reducción del calor de respiración, liberado por la flor cortada.

Con respecto a este último, los productos vegetales almacenados, debido a la respiración, están liberando energía en forma de calor según la fórmula:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energía}$  (686 kcal/mol de glucosa).

Parte de esta energía se libera como calor y parte queda atrapada en la molécula de ATP usándola posteriormente en el metabolismo de la flor. Por ejemplo, claveles que siguen su desarrollo a 0°C solamente evolucionan una energía de 89 Btu/ton-h, mientras que a 20°C, 25 veces más, aproximadamente 2.191 Btu/ton-h (Hardenburg *et al.*, 1986).

Para muchas flores el rango óptimo de la temperatura oscila entre -0.5 y 4.4°C, sin embargo, la máxima longevidad ocurre con temperaturas cerca del punto de congelación del tejido. Pero, para más seguridad, temperaturas entre 0 y 1°C son recomendadas para claveles, crisantemos, narcisos, tulipanes, rosas, boca de dragón, fresias y otras (Carow, 1981). El punto de congelación de un tejido depende de la presencia de sólidos solubles en la savia celular. De esta manera se logró almacenar claveles a una temperatura de -6°C durante 5 días, sin ningún daño, cuando previamente, se trataron durante 24 horas, con una solución de azúcar de 20% a una temperatura de 25°C (Schubach y Röber, 1998).

Algunas flores necesitan temperaturas más altas durante su almacenamiento como en el caso del ave de paraíso (7 a 8°C) y el anturio (13°C). Temperaturas más bajas, a menudo, son

perjudiciales para los tejidos de los pétalos o de las hojas, especialmente en especies de origen tropical. Los daños por frío se manifiestan por una decoloración de la flor, lesiones necróticas sobre pétalos y hojas y en el retardo en el desarrollo del botón después de ser almacenadas.

Por otro lado, las fluctuaciones de las temperaturas en almacén (por su relación directa con el déficit de saturación del vapor de agua) pueden ser nocivas para la calidad de las flores; diferencias de temperatura muy grandes dentro del cuarto frío pueden resultar en una condensación de agua sobre los tejidos aumentando el riesgo de infección fungosa (humedades altas) o en una deshidratación del producto (humedades bajas). Ospina (1999) concluye que los controles de temperaturas de los cuartos fríos pueden permitir fluctuaciones de más o menos un grado, de esta forma se asegura que el ambiente permanezca en el intervalo de 0°C y -0.6°C, que esta aun por encima del punto de congelación de la mayoría de las flores.

En flores de corte que se encuentran a la temperatura de campo se practica en muchas empresas, antes de un almacenaje largo o del despacho al exterior, un **preenfriamiento** que consiste en hacer descender rápidamente la temperatura. El efecto más importante está relacionado con la disminución inmediata de todo el metabolismo de la flor, lo que favorece la prolongación de su vida útil y el mejoramiento de su calidad; además, disminuye los costos y deterioro del producto en el posterior almacenamiento en frío (ocasionado por una menor extracción de calor). La utilización de aire frío (enfriamiento por aire forzado) es, según Staby (1998) el método más utilizado en la industria de flores.

Con los equipos que trabajan según los sistemas de succión o de inyección de aire frío, se hace indispensable el uso de cartones perforados en los dos extremos, para facilitar el paso del aire. Rij et al. (1979) elaboraron un método de succión en el cual (a) el aire caliente es removido de las cajas, (b) después enfriado y humidificado a 95-98% H.R., (c) soplado a una cámara fría, de la cual (d) es succionado a las cajas con las flores. La humidificación de aire en todos los sistemas de preenfriamiento es muy importante porque previene la congelación y la deshidratación de las flores. Para las especies con alto contenido de humedad (claveles, crisantemos) se recomienda el preenfriamiento con aire forzado con una duración máxima de 20 min a una temperatura de unos 0°C; en aquellas especies con bajos contenidos de humedad como la *Gypsophila*, ASHRAE (1990) recomienda solamente 3 min. Como regla general, todos los productos deben ser preenfriados lo más cerca posible a la temperatura del almacenamiento. Mantener las cajas abiertas (destapadas) con las flores en su interior) en cuarto frío, de mínimo 2 horas (Pardo, 1997) a 8 horas (Reid, 1991), como método de preenfriamiento; genera menos costos, pero la reducción inmediata del metabolismo no ocurre; sin embargo se evita la condensación de agua sobre el producto durante el posterior almacenamiento.

Con respecto al almacenamiento existen dos alternativas (tabla 5), el **almacenamiento húmedo** (en agua o solución) y el almacenamiento en seco y la selección del método depende del tiempo deseado para el almacenaje. Durante el almacenamiento húmedo continúan los procesos de desarrollo de la flor a temperaturas bajas y la duración debe ser corta, de 2 a 4 días. Para inhibir el crecimiento de las bacterias, la producción de etileno, las obstrucciones de los vasos conductores y la apertura estomática, se deben utilizar las soluciones de preservación correspondientes.

Tabla 5: Tiempo máximo del almacenamiento refrigerado para varias especies florales (tomado de Goszczynska y Rudnicki, 1988).

Especie	Método		Temperatura (°C)	Período máximo (semanas)
	Seco	Húmedo		
Anturio	X		13	4
Ave de paraíso	X		8	4
Clavel	X		0-1	17-26
		X	4	4
Crisantemo	X		1	3
Cyclamen	X		0-1	3
Narciso	X		1	2
Gerbera		X	4	3-4
Gladiolo	X		4	4
Lirio	X*		0-1	6
		X	1	4
Margarita Daisy	X		2	2
Peony	X		0	4
Rosa	X		0.5-3	2
Boca de dragón		X	1	8
Tulipán	X		0.5-0	2-3

Empaque de PE cerrado, creando una atmósfera modificada

En caso de almacenar a temperaturas más altas, el desarrollo de las flores es más acentuado, por lo que es necesario usar productos preservantes que contengan azúcar para influir positivamente en la posterior vida de la flor. En claveles se encontró que ellos consumen más azúcar durante su almacenamiento en agua que durante su conservación en seco (Carow, 1981).

Las soluciones preservantes se pueden utilizar durante todo el tiempo del almacenamiento o previamente. En almacenamiento húmedo, las flores aumentan el riesgo de ataques por *Botrytis* y por otro lado, no deben sufrir deshidratación después de cosecha. Las bases del tallo se deben recortar 2-3 cm., inmediatamente antes del almacenamiento y se eliminan las hojas bajas de los tallos, que no deben humedecerse.

El agua utilizada en este método debe desinfectarse (Nowak y Rudnicki, 1990) con el fin de evitar la contaminación de las flores por bacterias y hongos, los cuales se multiplican en el agua y en los vasos conductoras de las flores cortadas. Aparte de los productos químicos usados (hipoclorito de sodio, sulfato de aluminio, entre otros), una desinfección con luz ultravioleta se ha utilizado en Holanda, esterilizando 2 m<sup>3</sup> de agua/hora.

Para una conservación más larga o para especies que no soportan mucho tiempo en agua, se usa el **almacenamiento en seco**, el cual garantiza un mayor retardo del metabolismo de las flores y así prolonga la vida posterior de la flor. Existen variedades que resisten temperaturas aún más bajas que las usadas en el almacenamiento en agua. Hay que tener en cuenta que existen flores que no soportan mucho almacenaje y no son aptas para conservarlas en seco, como las astroemerias y las orquídeas. Después de un almacenamiento largo en seco, se necesita realizar una reelección y clasificación de las flores, además una nueva hidratación de las mismas, utilizando soluciones de carga con azúcares. Cabe anotar que las

flores (especialmente claveles) después de un almacenamiento en seco, son más susceptibles al efecto del etileno; por ejemplo en concentraciones de 125 ppb que se encuentran fácilmente en puertos aéreos o en zonas industriales de las ciudades grandes.

## 9. ATMÓSFERA CONTROLADA Y MODIFICADA

El almacenamiento de las flores cortadas en condiciones de atmósfera controlada (controlled atmosphere = CA) ha mostrado ventajas en comparación con la conservación solamente en frío las cuales resumieron Goszczyńska y Rudnicki (1988) como sigue:

- Una inhibida producción y acción del etileno a causa de las concentraciones elevadas del CO<sub>2</sub>
- Una reducida tasa de respiración y una mejor conservación de los substratos respiratorios
- Una conversión inhibida del ACC al etileno como resultado del reducido nivel de O<sub>2</sub>.

La temperatura óptima y los niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> varían en gran escala con la especie floral almacenada. Por ejemplo para el clavel recomiendan Nowack y Rudnicki (1990) 5% CO<sub>2</sub>, 1-3% O<sub>2</sub> y una temperatura de 0-1°C con una duración de 3 semanas en almacén y para rosas 5-10%, 1-3% y 0°C respectivamente, durante 20 a 30 días. Se debe tener en cuenta que las flores de origen tropical, como el anturio, muestran solamente efectos positivos en CA cuando las temperaturas son unos 11 a 12°C más altas que las recomendadas para su almacenamiento en frío. No obstante de varios resultados positivos en la investigación con la CA, en la industria de flores este método no se ha establecido debido a sus altos costos y los inconvenientes de manejo. También, con el empaque en atmósfera modificada (modified atmosphere packing = MAP), usando bolsas de plástico selladas y resistentes al intercambio de humedad, se han obtenido resultados positivos.

Se almacenaron claveles durante 23 semanas, observando que la concentración de O<sub>2</sub> no bajó del 8% y la de CO<sub>2</sub> estuvo alrededor del 6%. Lirios y gladiolos se almacenaron con MAP durante 3 semanas exitosamente, pero este método no se ha implementado en la industria de flores. Los problemas encontrados fueron las incontroladas acumulaciones de etileno y CO<sub>2</sub> y las concentraciones muy bajas de O<sub>2</sub>. Para evitar estos niveles gaseosos extremos se recomienda preenfriar las flores antes del MAP o el uso de bolsas no totalmente selladas o perforadas.

## 10. EMPAQUES

El empaque debe proteger las flores de corte contra daños físicos, pérdida de agua y condiciones externas dañinas durante el almacenamiento y transporte. La mayoría de las flores se empacan en cajas de plancha de fibra o cartón o plástico corrugado (caja de cartón plast) totalmente telescopiables forradas de película de polietileno o papel resistente a la humedad para mantener una humedad elevada. Las cajas usadas en el preenfriamiento deben contener orificios, en un 4-5% del área de las paredes en los dos extremos de la caja. Las ventanillas se cierran después del almacenamiento para conservar mejor el frío en la caja y reducir la entrada del etileno durante el transporte aéreo.

En el caso del almacenamiento corto (1-3 días), se empacan las flores completamente para ser despachadas al aeropuerto, forradas con el capuchón de plástico y con la cantidad final, p.e. 10 bunches de clavel (a 25 flores) en una caja standard (105 x 50 x 15 cm). Para evitar la condensación, se usan bolsas de anticondensación o un material perforado (>150 orificios/dm<sup>2</sup>), y para controlar las altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, las de polietileno delgado en un grosor de 0.02 a 0.04 mm.

En Colombia, el almacenamiento largo, normalmente para el caso de los claveles, es de 2 a 4 semanas y de 4 a 5 días para las rosas; se colocan las flores en forma de granel en las cajas, solamente un tercio (p.e. 80-90 claveles) de la cantidad normal para permitir una mejor transferencia de calor desde el producto al sistema de refrigeración.

Las flores preenfriadas se arropan con papel periódico y por encima con un plástico de polipropileno, evitando que la humedad del producto se transfiera al cuarto frío. En las cajas de exportación de las rosas se adicionan, a menudo, una bolsa con gel congelado y recientemente se empieza en Colombia a usar el empaque húmedo (wet pack), colocando las rosas en pequeñas tinas con agua o una solución y estibándolas verticalmente.

### Literatura

- Acosta, F. 1999. Alistamiento de la flor cortada para almacenamiento largo. Memorias Seminario Colfrigos "Manejo de la flor cortada en almacenamiento y transporte". Bogotá. p. 15-29.
- ASHRAE. 1990. Handbook of refrigeration systems and application. Amer. Soc. Heating, Refrig. and Air Condit. Engineers, Inc. Atlanta. USA. p. 151-161.
- Bolívar, P., G. Fischer, V.J. Flórez y A. Mora. 1999. Effect of pre- and postharvest treatments on flower longevity of 'Ariana' cut roses. Acta Hort. 482, 83-87.
- Carow, B. 1981. Conservación de flores de corte (en alemán). Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Fischer, G. 1997. Fisiología de la flor cortada. Acopaflor 4(4), 4-23.
- Fischer, G. 1999. Fisiología de la flor almacenada. 1. Precosecha, corte y carbohidratos. Acopaflor 6(4), 4-14.
- Flórez, V.J. 1998. Biosíntesis de etileno y su regulación. Acopaflor 5(5), 49-55.
- Goszczyńska, D. y R.M. Rudnicki. 1988. Storage of cut flowers. Hort. Rev. 10, 35-62.
- Halevy, A.H. y S. Mayak. 1979. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. Hort. Rev. 1, 204-236. 1979.