

### 3.1 ASPECTOS GENERALES DE LA PIÑA

#### ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Se presume que la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) es originaria del sureste de Brasil y Paraguay. Las mayores producciones de piña se tienen en Hawaii, México, Costa Rica, Brasil, Colombia, Honduras, República Dominicana, Malasia, India, Congo, Kenia, China, Taiwán, Vietnam, Australia, Filipinas, Bangladesh, Tailandia, Indonesia, sur África, Zaire y Costa de Marfil (Paull, 1997). En Colombia los cultivos de piña se distribuyen principalmente en los departamentos de Santander, Valle, Risaralda y Cauca, siendo la Perolera, Manzana y Cayena Lisa las variedades más cultivadas en el país (Salazar *et al.*, 1984).

#### LA PLANTA

La piña nativa amazónica o “cultivar India” exhibe hojas verdes con una tonalidad de rojo a púrpura que se extiende desde la parte media del haz hasta el ápice; las hojas poseen espinas rojas y duras a lo largo de sus márgenes (Figura 3.1). La piña nativa presenta una abundante producción de colinos (Pulido, 2000).

La piña nativa amazónica generalmente es propagada mediante colinos basales y axilares, los cuales son sembrados máximo 20 días después de ser retirados de la planta madre. No obstante, se recomienda la utilización de los colinos producidos en la base del fruto (colinos basales), los cuales deben ser seleccionados de acuerdo a su vigor, tamaño y forma. En los cultivos de piña nativa del piedemonte amazónico la fase vegetativa (desde la siembra hasta el inicio de la fase reproductiva) oscila entre 14 y 16 meses y la duración de la fase reproductiva (período desde la aparición floral hasta la cosecha del fruto) oscila entre 17 y 31 meses, debido a la desigualdad en la floración (Pulido, 2000). Con el objeto de reducir el tiempo de cosecha, por medio de la homogenización de la floración, Pulido (2000) recomienda la aplicación en el cogollo de 50 ml de Ethrel® en concentración de 0.5 ml/L, las plantas a ser tratadas deben presentar un porte que garantice el adecuado desarrollo del fruto.



 **Figura 3.1.** Planta de piña nativa (c.v. India) del piedemonte amazónico colombiano.

## LA FLOR

La inflorescencia de la piña se caracteriza por ser una espiga que se origina en el meristemo apical del tallo (Figura 3.2). Al momento de la floración el tallo se alarga y forma el pedúnculo que sostiene y separa la inflorescencia de las hojas de la planta.

Las brácteas de la piña se forman en espiral alrededor del tallo y disminuyen de tamaño a medida que avanzan hacia el ápice, son bastante conspicuas y, al igual que las hojas, presentan espinas rojas en sus márgenes y poseen coloraciones rojizas en el haz.



**Figuras 3.2 y 3.3.**  
Inflorescencias de piña  
nativa c.v. India.



En la axila de cada una de las brácteas que constituyen la inflorescencia existe una yema floral en forma de cojín de color rojo pálido (Figura 3.3). La diferenciación floral se produce en sentido acropetal, observándose diferentes estados florales a lo largo de la inflorescencia.

En la flor abierta la corola exhibe una estructura tubular con pétalos de color violeta (Figura 3.4). En las etapas finales de la diferenciación floral, se aprecia en el ápice de la inflorescencia un conjunto de hojas verdes pequeñas, con espinas y dispuestas en espiral, las cuales constituirán la corona del fruto (Pulido, 2000).



**Figura 3.4.** Flor de piña nativa abierta.

## EL FRUTO



**Figura 3.5.** Fruto de piña nativa sin corona.

La piña posee un fruto múltiple denominado sorosis, cuya parte carnosa está constituida por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia (Figura 3.5). De cada una de las flores se desarrollan los frutos individuales que aparecen hacia el exterior en forma de escudetes, los cuales constituyen la corteza dura y cerosa del fruto.

Al momento de la cosecha los frutos presentan una coloración general marrón brillante y el borde de los escudetes se encuentra delineado por una tonalidad amarillo-verde. El fruto en estado maduro es de pulpa blanca a amarillo muy pálido, aromático, carnoso, jugoso y de sabor dulce.

En el tamaño final de los frutos de piña se observa una alta variabilidad, resultado del vigor de la planta (relación fuente-vertedero), las condiciones de desarrollo y el carácter silvestre de la variedad (Tabla 3.1); encontrándose pesos sin corona para la piña nativa c.v. India del Piedemonte amazónico colombiano entre 531.4 y 2400.3 g.

**Tabla 3.1.** Dimensiones promedio de frutos de piña nativa (c.v. India)

Variable	Pulido (2000)	Morales (2001)
Peso fresco con corona (g)	1518.82	1600 – 2000 g
Peso fresco sin corona (g)	1275.65	
Diámetro transversal (cm)	13.62	13
Diámetro longitudinal (cm)	12.79	19

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL FRUTO DE PIÑA NATIVA C.V. INDIA

En la Tabla 3.2 se registran los datos concernientes a las determinaciones bromatológicas realizadas a frutos de piña nativa (c.v. India) del piedemonte amazónico. A rasgos generales, la piña es una importante fuente de ácido ascórbico (8 a 30 mg/100 g, según la variedad) y es rica en carbohidratos, vitaminas y minerales; asimismo, aporta lípidos y fibra a la dieta humana (Samson, 1991).

## Usos

En la región amazónica la piña es comercializada principalmente como fruto fresco. No

obstante, el fruto presenta potencial para ser utilizado agroindustrialmente en la elaboración de pulpas, néctares y productos deshidratados (osmodeshidratación y secado por convección de aire caliente).

**Tabla 3.2.** Caracterización del fruto de piña nativa (c.v. India) del piedemonte amazónico en estado maduro.

Variable	Contenido
Materia seca	8.46%
Humedad	84.5 - 88 %
Proteína	0.78 - 3.20 %
Extracto etéreo	1.54 – 5.56%
Pectina	0.86%
Hidratos de Carbono	80.36%
Fibra total	6.26%
Fibra cruda	1.29 %
Cenizas	0.25 – 6.01 %
Vitamina C	14.08 mg/100 g
Calcio	134.12 mg/100 g
Potasio	2445.0 mg/100 g
Fósforo	1.41 mg/100 g
Hierro	8.5 mg/100 g

Fuentes: Barrera *et al.*, 2001; Hernández (2000); Morales (2001); Oviedo (2000).

## 3.2 DESARROLLO DEL FRUTO DE PIÑA

### CRECIMIENTO Y DESARROLLO

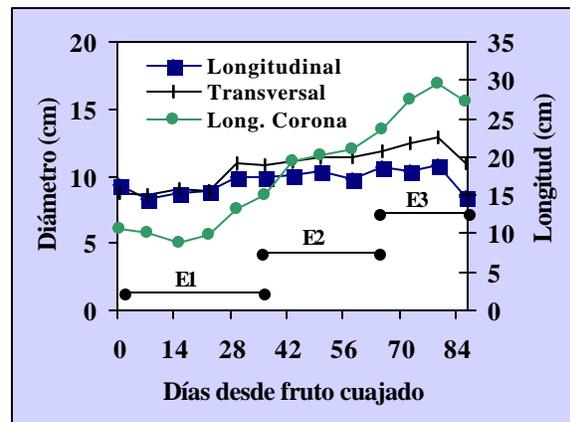
Aproximadamente 32 días después de la emergencia de la roseta se aprecia el estado de fruto cuajado, en este momento las flores están marchitas y el fruto exhibe una longitud promedio alrededor de 8.86 cm y un color verde-amarillo. El fruto de piña presenta un crecimiento de tipo sigmoideal doble con tres estados de crecimiento, uno inicial (E1) comprendido entre el día 0 (fruto de 8.86 cm de DL) y el día 36, uno intermedio que se extiende del día 37 al día 65 (E2) y un estado final (E3) que transcurre desde el día 66 al día 86. Por su parte, Nakasone y Paull (1998) mencionan que estudios de desarrollo del fruto de piña han mostrado que la masa del fruto y sus componentes presentan un incremento sigmoideal después de la iniciación de la inflorescencia.

El fruto de piña alcanzó su madurez de consumo alrededor de los días 72 a 79 (10-11 semanas o 2.5-2.75 meses) después del estado de fruto cuajado; no obstante, la temperatura acelera o retrasa significativamente el desarrollo del fruto (Nakasone y Paull, 1998). Paull (1997) señala que el fruto de la variedad Cayena Lisa toma alrededor 4 meses desde el fin de la última flor abierta a fruto maduro, lo cual sugiere que el ciclo de desarrollo de la piña nativa es más corto con relación a otras variedades.

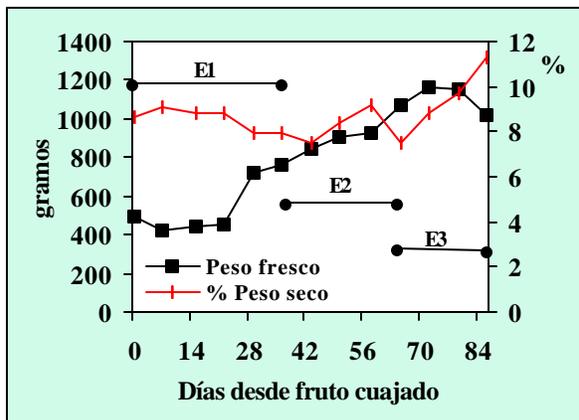


**Figura 3.6.** Etapas de crecimiento de la piña nativa (c.v. India) del piedemonte amazónico.

Los mayores incrementos en el tamaño y peso fresco del fruto se presentan durante los primeros estados de desarrollo, producto del alargamiento celular (Figuras 3.7 y 3.8). Por su parte, la longitud de la corona incrementa progresivamente a lo largo de todo el periodo de desarrollo del fruto (Figura 3.7). El aumento evidenciado en el peso seco durante el tercer estado de desarrollo puede ser explicado, en parte, por la acumulación de ácidos y azúcares presentada durante la maduración del fruto.



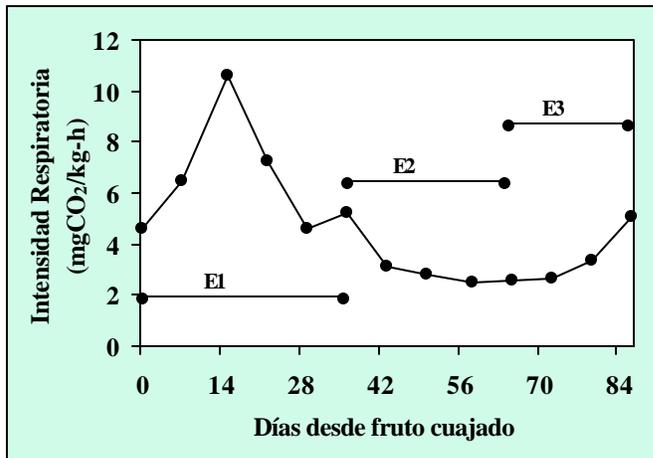
**Figura 3.7.** Comportamiento de los diámetros longitudinal y transversal durante el desarrollo de los frutos de piña nativa c.v. India.



**Figura 3.8.** Comportamiento de los pesos fresco y seco a lo largo del desarrollo de los frutos de piña nativa (c.v. India) del piedemonte amazónico colombiano.

Los valores de peso fresco de los frutos maduros de piña nativa, al igual que otras variedades (los pesos de los frutos de piña del grupo Cayena Lisa pueden variar entre 0.5 y 4.0 kg), exhiben una alta variabilidad, resultado de la longitud del ciclo de cultivo, condiciones ambientales y prácticas culturales (Bartholomew y Malézieux, 1994).

## RESPIRACIÓN



**Figura 3.9.** Comportamiento de la intensidad respiratoria durante el desarrollo del fruto de piña nativa.



mgCO<sub>2</sub>/kg-h) según las categorías propuestas por

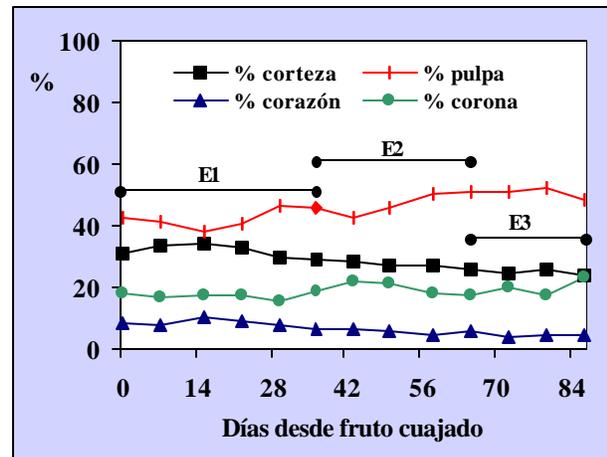
Durante la fase inicial de desarrollo los frutos muestran un incremento en la intensidad respiratoria (Figura 3.9), posiblemente producto de los procesos finales de transformación de la parte apical del fruto, puesto que el desarrollo del fruto se da en función de un patrón acropetal. El día 15 se presenta la mayor tasa respiratoria, con un valor de 10.60 mgCO<sub>2</sub>/kg-h; posteriormente la intensidad respiratoria tiende a disminuir progresivamente hasta el final del ciclo de desarrollo.

El comportamiento de la curva de la intensidad respiratoria clasifica a la piña como un fruto No Climático de baja respiración (menor a 35 Nakasone y Paull (1998).

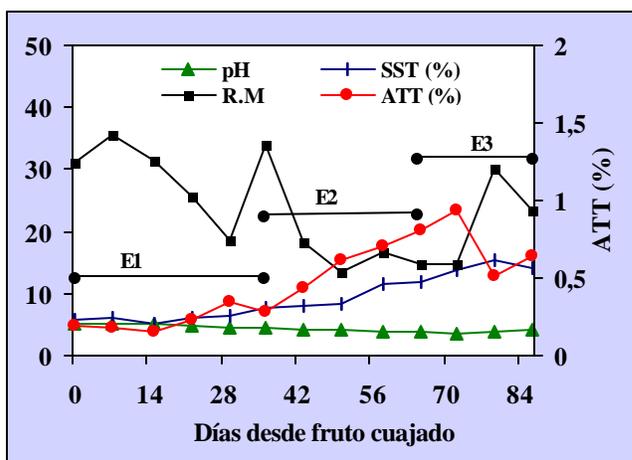
## CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN

### Porcentaje de Pulpa, Corteza, Corazón y Corona

Las proporciones de pulpa y corteza exhiben una relación inversa durante todo el ciclo de crecimiento; alcanzando valores de 55.1% y 23% para pulpa y corteza respectivamente en el último estado. La proporción de corazón disminuye a lo largo del desarrollo del fruto, presentándose el mayor decremento en el primer estado de desarrollo; por su parte, la proporción de corona permanece relativamente constante a lo largo del ciclo de desarrollo del fruto de piña nativa c.v. India del piedemonte amazónico colombiano (Figura 3.10).



**Figura 3.10.** Comportamiento de las proporciones de pulpa, corteza, corazón corona, componentes del fruto de piña nativa.



**Figura 3.11.** Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST), pH, acidez total titulable (ATT) y relación de madurez (R.M) durante el desarrollo del fruto de piña nativa.

(2000) registra valores de 5.77% (AT) y 4.79% (AR) para pulpa de piña nativa en estado maduro.

**Acidez Total Titulable y pH**

La acidez total titulable (ATT) registra un incremento a lo largo del ciclo de desarrollo, con un aumento marcado al final del mismo, resultado de la acumulación de ácidos durante el desarrollo del fruto. En contraste, el pH muestra una tendencia al decrecimiento, exhibiendo valores entre 5.1 y 3.7 (Figura 3.11).

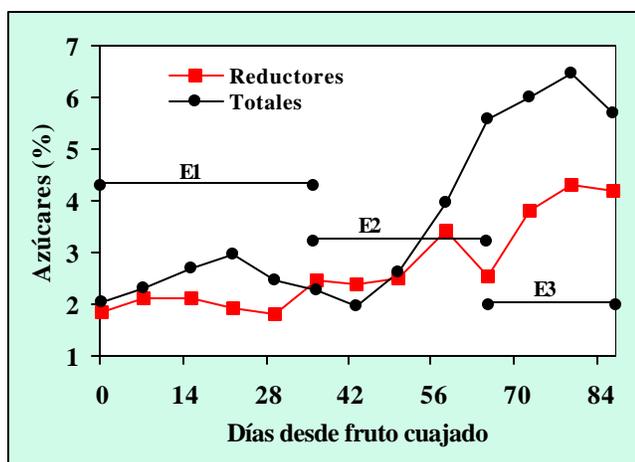
**Relación de Madurez**

La relación de madurez no presenta una tendencia definida, sin embargo, durante el segundo estado de desarrollo los valores tienden a aumentar (Figura 3.11), consecuencia de la mayor acumulación de azúcares con relación a los ácidos orgánicos.

**Sólidos solubles totales y Azúcares**

Los sólidos solubles totales (SST) presentan un aumento a través de los tres estados de desarrollo del fruto, con un incremento marcado en el segundo estado (Figura 3.11); los frutos maduros alcanzan valores de sólidos solubles alrededor de 12-15%. Bartholomew y Paull (1986) menciona que en frutos no cosechados los SST continúan incrementando durante la senescencia.

Los azúcares totales (AT) y reductores (AR) exhiben el mayor aumento durante el último estado de desarrollo (Figura 3.12), llegando el día 79 a valores de 6.47% y 4.32% respectivamente. Por su parte, Páez



**Figura 3.12.** Comportamiento de los azúcares a lo largo del desarrollo del fruto de piña nativa c.v. India.

**3.3 MADURACIÓN E ÍNDICES DE COSECHA**

Durante el proceso de maduración el nivel de firmeza disminuye, resultado del

adelgazamiento de las paredes celulares y la degradación de productos de reserva (Figura 3.13). La pérdida de firmeza en la pulpa es mayor con respecto a la de la corteza.

La maduración de los frutos también suele coincidir con un cambio de color y el desarrollo del aroma y sabor característico del fruto. Al momento de la cosecha la piña nativa c.v. India debe presentar las siguientes características en aproximadamente el 20% del fruto: ojos aplanados color marrón, punta del ojo amarilla con tonalidades verdes, borde del ojo amarillo-verde y brácteas marrón en la base y rosado hacia el ápice (Figura 3.14), debido al desarrollo acropétalo del fruto, dichas características se aprecian hacia la parte basal del mismo. El fruto en este estado de madurez puede ser transportado largas distancias, gracias a su resistencia a los daños mecánicos.

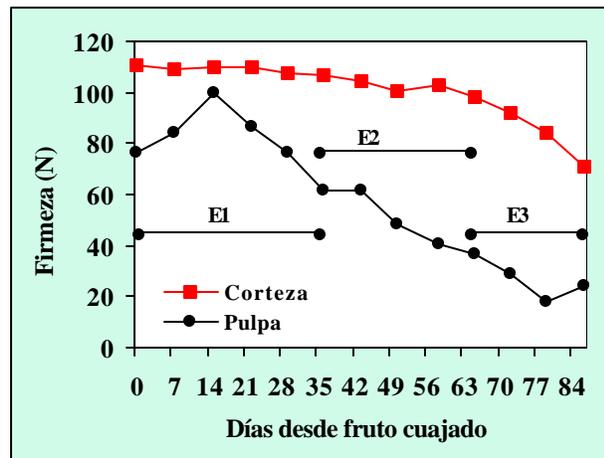


Figura 3.13. Comportamiento del nivel de firmeza en frutos de piña nativa durante el ciclo de desarrollo del fruto.

El fruto en este estado de madurez puede ser transportado largas distancias, gracias a su resistencia a los daños mecánicos.



Figura 3.14. Características del ojo de piña nativa en el momento más apropiado de recolección.

Como parámetros de recolección para la piña nativa se recomiendan el contenido de SST y el color, conforme con lo registrado por Pérez *et al.* (1996), quienes mencionan que el color es uno de los parámetros más representativos de la calidad del fruto de piña, ya que indica su estado de madurez.

### 3.4 POSCOSECHA

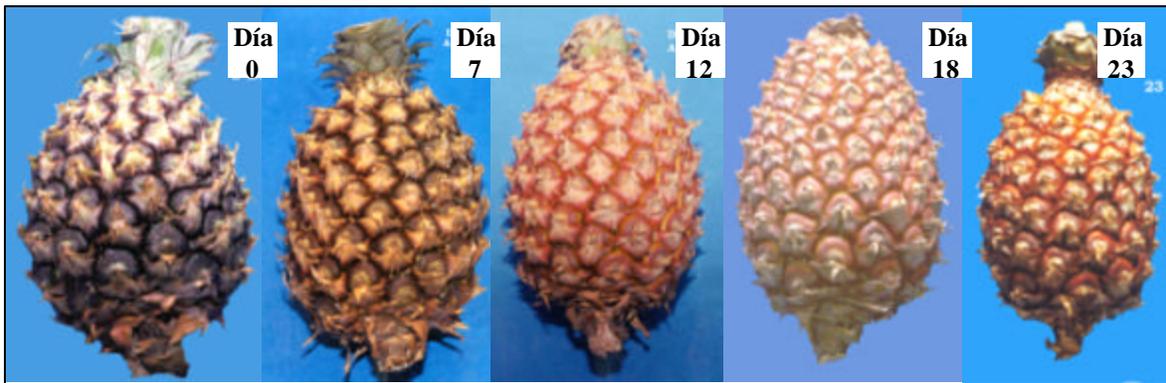
#### DESARROLLO DE LA MADURACIÓN DEL FRUTO A 20°C

El fruto de piña nativa (c.v. India) bajo condiciones de almacenamiento de 20°C y 85% de H.R. presenta un periodo de vida útil de 18 días, momento a partir del cual se observan síntomas de senescencia (descomposición por levaduras, deshidratación, pérdida de peso, pérdida de consistencia y fermentación). Sin embargo, es posible encontrar frutos con importantes alteraciones de calidad durante el transcurso del

almacenamiento.

### Cambio de color

Durante el almacenamiento el fruto presenta cambios en el color de la corteza, los cuales se desarrollan en sentido acropétalo, es decir, de la base del fruto hacia el ápice (Figura 3.15; Tabla 3.3). En el estado 3 de madurez la pulpa presenta una tonalidad amarillo suave y el fruto emite un fuerte aroma. A partir del día 15 (estado 4) el fruto exhibe una coloración amarillo-naranja intensa en el epicarpio y se inicia el proceso de senescencia del fruto. Juntamente con el cambio de color se evidencia el ablandamiento de la pulpa y en algunos casos fermentación por levaduras.



**Figura 3.15.** Cambios de color en el fruto de piña nativa c.v. India durante el almacenamiento a 20 °C. 

**Tabla 3.3.** Descriptores de color externo para piña nativa c.v. India

ESTADO DE MADUREZ	COLOR*	DESCRIPCIÓN
Estado 1	Verde oscura <sup>(1)</sup>	Coloración pardo-amarilla de la base hasta un 25% de la fruta
Estado 2 (día 5)	Pardo rojizo oscuro <sup>(2)</sup>	25-50% de la fruta con coloración pardo-amarilla
Estado 3 (día 10)	Pardo rojizo oscuro <sup>(3)</sup>	50-75% de la fruta con coloración amarillo-naranja
Estado 4 (día 15)	Rojo, rojo-amarillo <sup>(4)</sup>	Más del 75% de la fruta con coloración amarillo-naranja

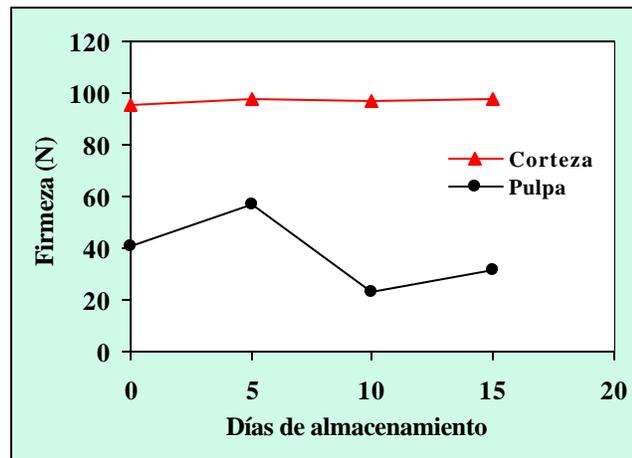
\* Para la definición del color se tomó como referencia la tabla Munsell. (1) 5G 4/2. (2) 2.5/4. (3) 3/4. (4) 5/8.

Fuente: Morales (2001).

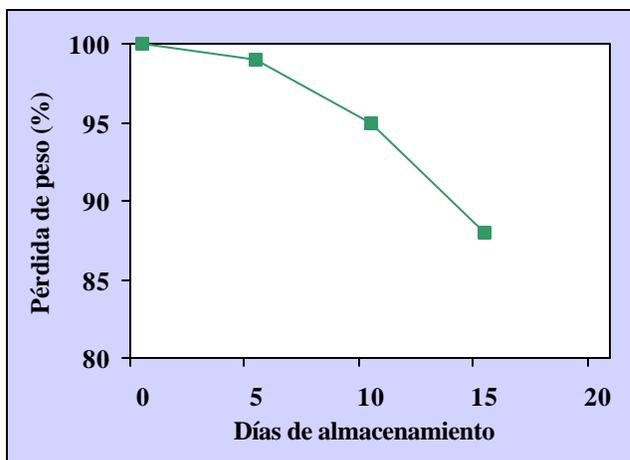
### Firmeza

La consistencia del epicarpio no presenta diferencias significativas a lo largo del periodo de maduración, presentando un valor promedio de 98 N (Figura 3.16); este

comportamiento podría estar relacionado con la elasticidad que adquieren las células parenquimáticas cuando cesa la división celular dando paso a la formación de tejido esclerenquimático, lo que redundaría en que las células se tornen más plásticas y, por tanto, conserven la resistencia a la penetración (Sterling, 1980). Por el contrario, la consistencia del mesocarpio muestra una disminución progresiva, alcanzando valores de 24,5 N a los 15 días. Este comportamiento es producto del debilitamiento de las paredes celulares por degradación de los hidratos de carbono poliméricos (péctinas y hemicelulosas) (Wills *et al.*, 1998).



**Figura 3.16.** Comportamiento del nivel de firmeza durante la maduración del fruto de piña nativa a 20 °C.



**Figura 3.17.** Comportamiento de la pérdida de peso durante la maduración del fruto de piña nativa (c.v. India) a 20°C.

### Pérdida de peso

El peso de los frutos de piña nativa (c.v. India) disminuye durante el transcurso del periodo de maduración; los frutos primeramente presentan un peso promedio de 1809.9 g (día 0), el cual disminuye progresivamente hasta 1519.6 g (día 18), presentándose una pérdida del 12% con relación al peso inicial (Figura 3.17). La disminución en el peso es resultado de los procesos de transpiración y respiración del fruto.

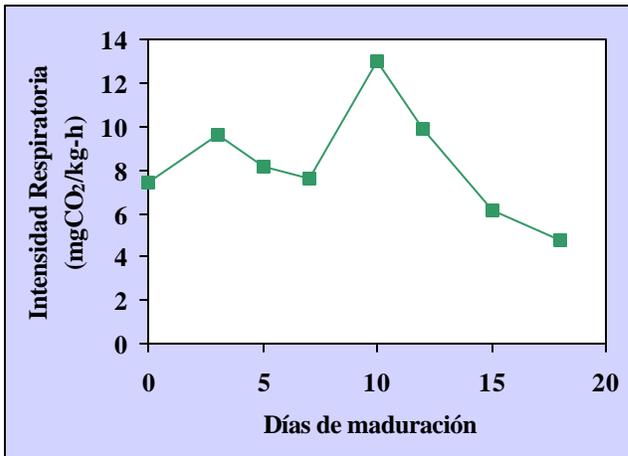
### Intensidad Respiratoria

El comportamiento de la curva de intensidad respiratoria clasifica al

fruto de piña nativa como un fruto No Climatérico de baja respiración (menor a  $35 \text{ mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) (Figura 3.18). No obstante, los leves incrementos presentados pueden ser explicados por los procesos de degradación y senescencia que experimenta el fruto. Por su parte, Azcon-Bieto y Talon (1993) señalan que la piña se encuentra en un punto intermedio entre los patrones Climatérico y No Climatérico.

### Acidez Total Titulable y pH

Durante la maduración la acidez total titulable (ATT) aumenta, en contraste con el pH, el cual tiende a disminuir. La ATT expresada como porcentaje de ácido cítrico se incrementa de 0.46% (día 5) a 0,71% (día 18), mientras que el pH decrece de 4,03 (día 5) a 3,83 (día 18), este comportamiento concuerda con lo reportado por



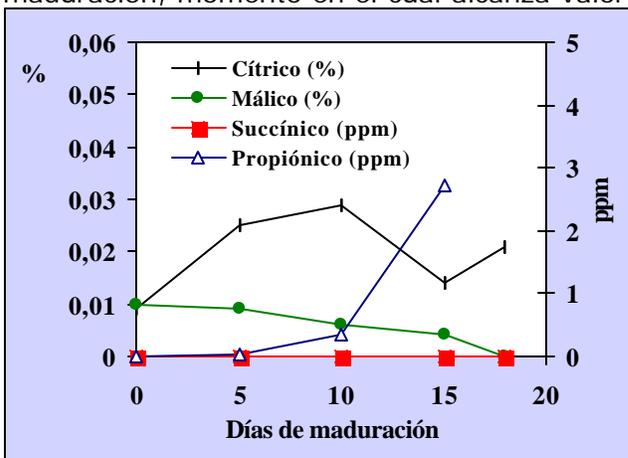
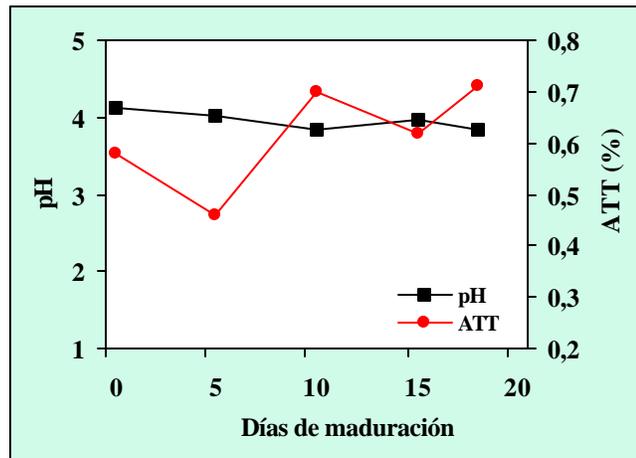
**Figura 3.18.** Comportamiento de la intensidad respiratoria durante la maduración del fruto de piña nativa a 20 °C.

Bartholomew y Paull (1986), Castro *et al.* (1993) y Seymour *et al.* (1993) (Figura 3.19). Con relación al aumento de la ATT, Barrera (2000) cita que en los frutos tropicales ácidos, los ácidos orgánicos se sintetizan en mayores cantidades hasta llegar al punto óptimo de sazón.

**Figura 3.19.** Comportamiento de la acidez total titulable (ATT) y el pH durante la maduración del fruto de piña nativa a 20 °C.

### Ácidos Orgánicos

Referente a los ácidos orgánicos se observa que durante la maduración de la piña nativa el ácido cítrico aumenta, presentando su punto máximo el día 10; el ácido málico disminuye levemente entre el día 5 y el día 15 y el ácido succínico se mantiene relativamente constante. Por su parte, el ácido propiónico, el cual está relacionado con los procesos de degradación en los frutos, aparece en los frutos a partir del día 5 y muestra un incremento permanente hasta el final de la maduración, momento en el cual alcanza valores promedio de 2,73 ppm (Figura 3.20).

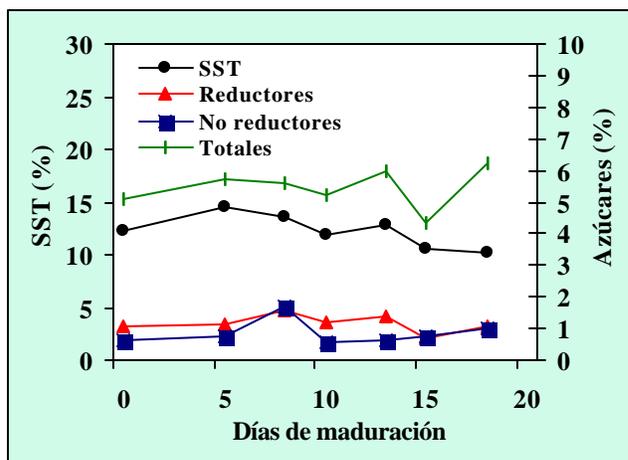


**Figura 3.20.** Comportamiento de los ácidos orgánicos durante la maduración a 20 °C.

Por su parte, el ácido ascórbico aumenta a partir del día 5 de maduración, registrándose un valor máximo de 10.85 mg/100 g de pulpa el día 15; el contenido de Vitamina C de la piña nativa se ubica dentro del límite inferior del rango reportado por Samson (1991) para frutos de piña (8 a 30 mg/100 g). Vale la pena mencionar que en la piña los ácidos orgánicos alcanzan las tasas más elevadas durante el desarrollo de la maduración (Azcon-Bieto y Talón, 1993; Wills *et al.*, 1998).

### Sólidos Solubles Totales y Azúcares

Al inicio de la maduración los sólidos solubles totales (SST) aumentan, alcanzando un valor promedio de 14.6% (día 5); posteriormente estos decrecen hasta valores alrededor de 10.4% (día 15 a día 18) (Figura 3.21).



**Figura 3.21.** Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) y los azúcares totales, reductores y no reductores durante la maduración del fruto de piña nativa a 20 °C.



Los azúcares totales y reductores no presentan cambios significativos durante la maduración; sin embargo, los azúcares no reductores (sacarosa) muestran un leve aumento a partir del día 10 (Figura 3.21). En poscosecha los frutos de piña no exhiben variaciones apreciables en los contenidos de azúcares, resultado de la baja intensidad respiratoria y debido a que la acumulación de azúcares en frutos No Climatéricos proviene de la savia y no de la degradación de reservas amiláceas (Wills *et al.*, 1998).

### Relación de Madurez

Primeramente la relación SST:ATT exhibe un aumento, alcanzando un valor promedio de 34.3 el día 5; a continuación disminuye llegando a valores promedio alrededor de 25.6 (día 10 a día 15) y 15 (día 18). Pantástico (1984) menciona que el punto óptimo de sazón de la piña corresponde a una relación de madurez entre 21 y 27.

### INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA CONSERVACIÓN DEL FRUTO

Durante los últimos años la técnica más empleada para la preservación de frutos ha sido el almacenamiento a bajas temperaturas, las cuales regulan diversas actividades metabólicas haciendo que se prolongue la vida útil de los productos (FAO, 1987).

La refrigeración puede ser utilizada para la conservación de los frutos de piña (Pull y Chen, 2000); no obstante, en frutos de piña nativa (c.v. India) almacenados a 6°C se aprecian síntomas de daño por frío. Los frutos de piña nativa al ser almacenados bajo condiciones de refrigeración a 6 y 11°C y 95% de H.R. experimentan los cambios fisicoquímicos y fisiológicos que se exponen a continuación:

### Cambio de color

En los frutos almacenados a 6°C la coloración del epicarpio se desarrolla lentamente, permaneciendo en el estado 1 de maduración (Tabla 3.3) desde el día 0 hasta el día 10; posteriormente y hasta el día 20 el fruto desarrolla la coloración correspondiente al estado 2 (pardo-amarilla). Los frutos llevados a maduración complementaria (3 días a 20°C) presentan un leve incremento en el color, desarrollándose el estado 3 (amarillo-

naranja) en frutos sometidos a 15 días de almacenamiento seguidos por 3 días de maduración complementaria (Figura 3.22).



**Figura 3.22.** Cambios de color en el fruto de piña nativa c.v. India durante el almacenamiento a 20 °C.

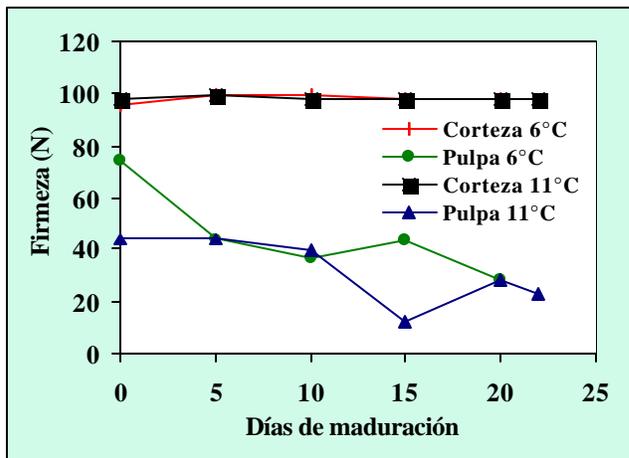
Los frutos almacenados a 11°C manifiestan mayores cambios de color a través del almacenamiento, con relación a los refrigerados a 6°C, exhibiendo una coloración pardo-amarilla (estado 1) (Tabla 3.3) del día 0 al día 5, la cual se intensifica alcanzando el estado 2 de madurez hacia el día 10 (Figura 3.23); entre los 15 a 22 días de almacenamiento se presenta una coloración amarillo-naranja (estado 3). Durante el periodo comprendido entre el día 15 y el día 22 el mesocarpio presenta un color amarillo pálido y se aprecia el aroma característico del fruto. En los frutos sometidos a maduración complementaria el desarrollo del color es progresivo.



**Figura 3.23.** Fruto de piña nativa a los 12 días de almacenamiento a 11°C.

### Firmeza

La consistencia del epicarpio no es afectada por las condiciones de refrigeración ni maduración complementaria, el valor promedio de la firmeza se mantiene constante en 98 N. En contraste, la consistencia del mesocarpio tiende a disminuir, presentándose valores menores en los frutos almacenados a 11°C (Figura 3.24), resultado del efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática de las hidrolasas y carboxilasas.



**Figura 3.24.** Comportamiento del nivel de firmeza de la corteza y la pulpa del fruto de piña nativa durante la refrigeración.

complementaria se presentan pérdidas de peso de 7.77% y 11.28% para frutos refrigerados a 6 y 11°C respectivamente.

Las pérdidas de peso en frutos refrigerados a 6 y 11°C son menores a las pérdidas presentadas en almacenamiento a 20°C, indicando que la utilización de un periodo de refrigeración seguido por uno de maduración complementaria constituye una opción efectiva para reducir las pérdidas de peso en frutos de piña nativa en poscosecha.

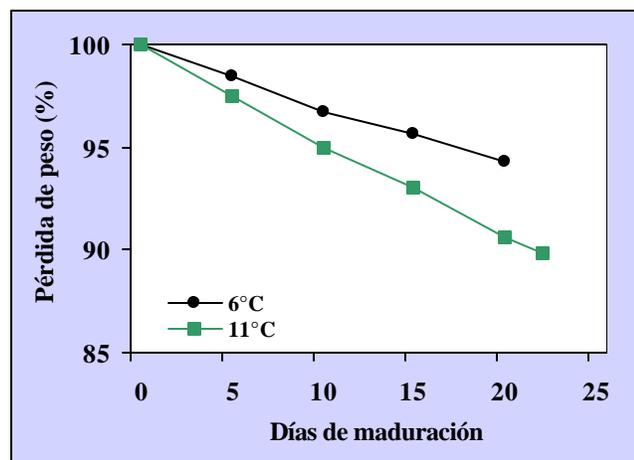
### Intensidad Respiratoria

Durante la refrigeración de los frutos de piña nativa a 6 y 11°C no se presentan cambios significativos en las tasas respiratorias (Figura 3.26). A partir del día 10 los frutos almacenados a 11°C exhiben intensidades respiratorias mayores respecto a los frutos refrigerados a 6°C; de igual manera, los frutos transferidos a maduración complementaria presentan un incremento en las tasas respiratorias.

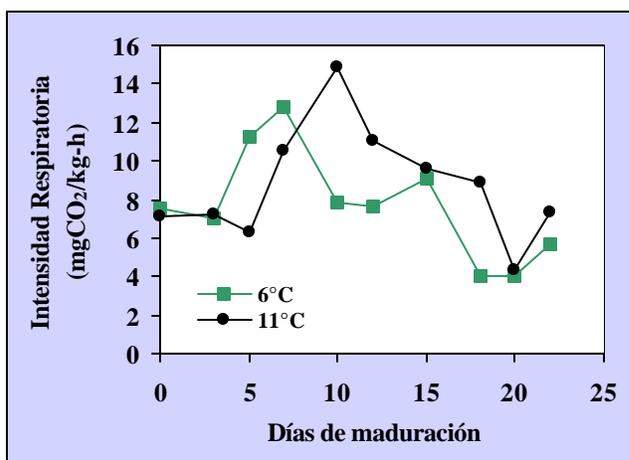
El comportamiento de la intensidad respiratoria en los frutos de piña nativa almacenados a bajas temperaturas (6 y 11°C) concuerda con las tasas respiratorias reportadas para frutos de otras variedades de piña almacenados a temperaturas entre 5 y 15°C, las cuales se encuentran en un rango de 4 a 16 mgCO<sub>2</sub>kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Paull, 1997; Paull y Chen, 2000; Seymour *et al.*, 1993).

### Pérdida de peso

El peso de los frutos decrece durante el periodo de almacenamiento, siendo mayor la pérdida de peso en frutos almacenados a 11°C. Los frutos almacenados a 6°C presentan una pérdida de peso de 5.69% del día 0 al día 20; por su parte, los frutos almacenados a 11°C exhiben una pérdida de peso de 10.17% para dicho periodo (Figura 3.25). En maduración complementaria (20°C y 85% de H.R.) se presentan mayores porcentajes de pérdida de peso, en relación con las condiciones de refrigeración, producto del efecto de la temperatura sobre el metabolismo del fruto; en maduración



**Figura 3.25.** Comportamiento de la pérdida de peso a lo largo del almacenamiento de frutos de piña nativa a 6 y 11°C.



**Figura 3.26.** Comportamiento de la intensidad respiratoria en frutos de piña nativa durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración.

### Ácidos Orgánicos

Los frutos de piña nativa almacenados a 6 y 11°C presentan ácido cítrico, málico y succínico (Figuras 3.28 y 3.29). Los contenidos de ácido cítrico son mayores en los frutos almacenados a 11°C, estos oscilan entre 0.014% (día 0) y 0.034% (día 20); el ácido málico exhibe leves aumentos a lo largo del periodo de refrigeración. Los ácidos málico y succínico muestran leves variaciones a través del periodo de almacenamiento.

### Sólidos Solubles Totales y Azúcares

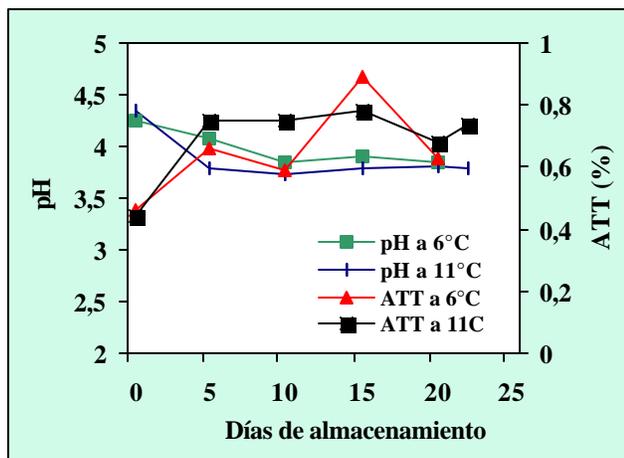
Durante el almacenamiento de los frutos de piña nativa a 6 y 11°C no se presentan cambios significativos en el contenido de sólidos solubles totales (SST); no obstante, en los frutos refrigerados a 6°C se aprecia un leve aumento en los SST, los cuales incrementan de 12.08% (día 0) a 14.15% (día 20). En los frutos almacenados a 11°C el contenido de SST exhibe una tendencia al descenso a partir del día 5 (13.13%), presentándose un valor de 11.93% el día 20 (Figuras 3.30 y 3.31).

En los frutos almacenados a 6°C los azúcares exhiben una tendencia al aumento del día 5 (7.60% de azúcares totales y 5.28% de azúcares reductores) al día 10 (7.65% de azúcares totales y 6.38% de azúcares reductores), dicho comportamiento puede ser consecuencia del estrés por bajas temperaturas (Wang, 1982). En los frutos

### Acidez total Titulable y pH

Bajo condiciones de refrigeración el pH tiende a decrecer a lo largo del almacenamiento (Figura 3.27); en contraste, con la acidez total titulable (ATT). Los valores de pH oscilaron entre 3.8-4.3 y 3.7-4.4 para los frutos almacenados a 6°C y 11°C respectivamente; por su parte, los valores de ATT oscilaron entre 0.5-0.9 y 0.4-0.8 para los frutos almacenados a 6°C y 11°C respectivamente. El comportamiento de la ATT coincide con lo encontrado por Castro *et al.* (1993) en frutos de Cayena Lisa y Manzana conservados a 8°C.

**Figura 3.27.** Comportamiento del pH y la acidez total titulable (ATT) a lo largo de la maduración del fruto de piña nativa en condiciones de almacenamiento a 6 y 11°C.



refrigerados a 11°C los azúcares totales disminuyeron de 6.48% (día 0) a 6.16% (día 20) y los azúcares reductores decrecieron de 5.23% (día 0) a 3.71% (día 20) durante el almacenamiento; sin embargo, no se presentan variaciones significativas.

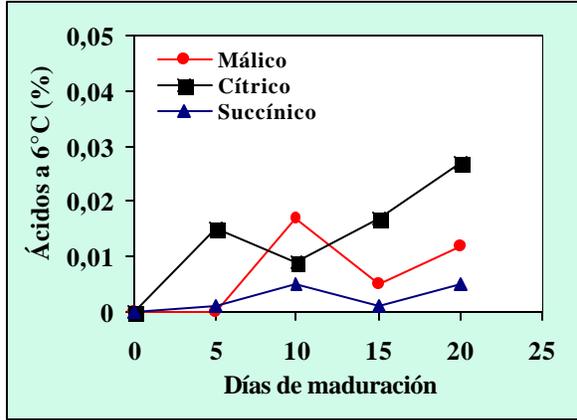


Figura 3.28. Comportamiento de los ácidos orgánicos a lo largo de la maduración del fruto de piña nativa en condiciones de almacenamiento a 6°C.

Figura 3.29. Comportamiento de los ácidos orgánicos a lo largo de la maduración del fruto de piña nativa en condiciones de almacenamiento a 11°C.

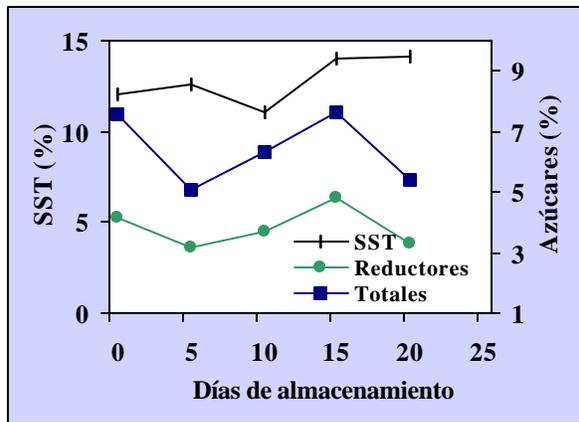
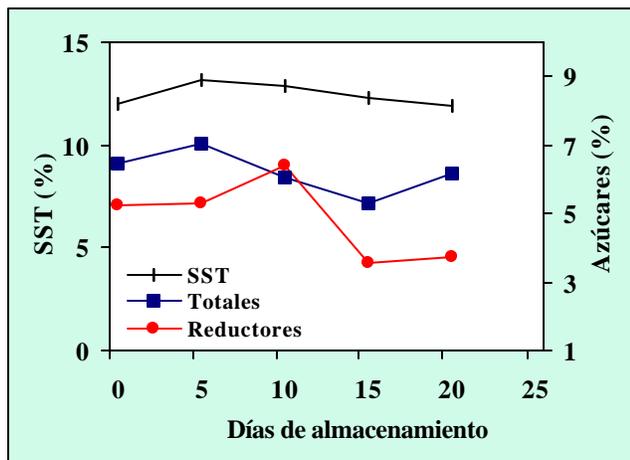
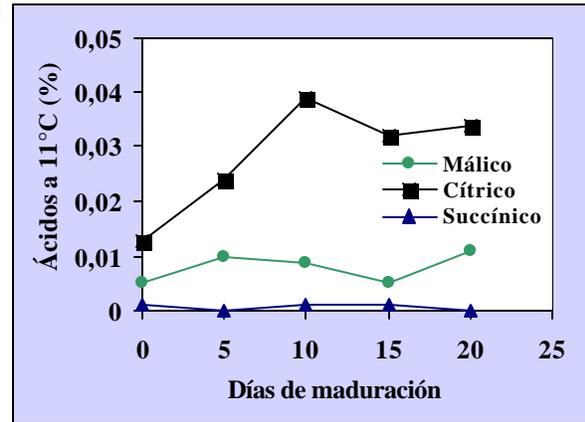


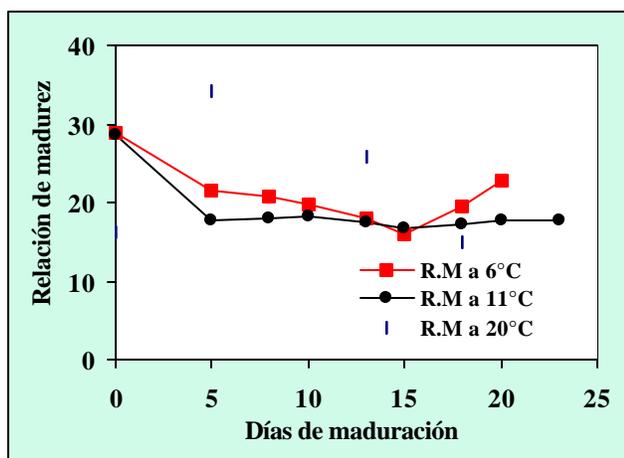
Figura 3.30. Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) y los azúcares totales y reductores durante el almacenamiento del fruto de piña nativa a 6°C.

Figura 3.31. Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) y los azúcares totales y reductores durante el almacenamiento del fruto de piña nativa a 6°C.

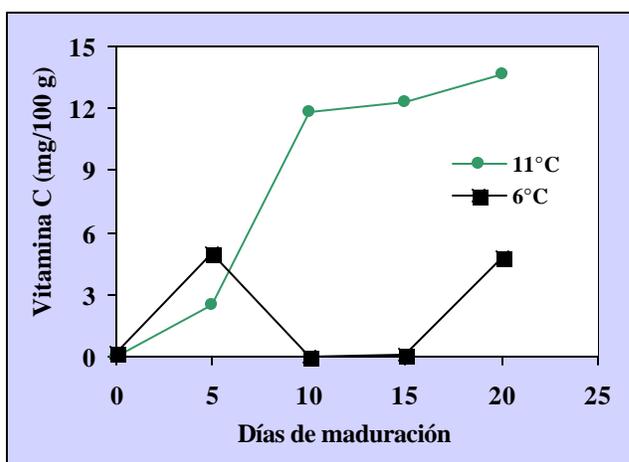


### Relación de Madurez

A lo largo del almacenamiento a 6 y 11°C la relación de madurez (SST:ATT) tiende a disminuir, producto del comportamiento de los sólidos solubles totales (Figuras 3.30 y 3.31) y la acidez total titulable (Figura 3.27). Inicialmente (día 0) se presentan valores de 28.9 (6°C) y 28.6 (11°C), los cuales decrecen hasta llegar a 14.23 (día 15) y 17.70 (día 20) para los frutos refrigerados a 6 y 11°C respectivamente. Los valores anteriores son menores con relación a los observados en frutos madurados a 20°C (Figura 3.32), apreciándose de esta manera la influencia de la temperatura en el desarrollo del punto óptimo de sazón del fruto.



**Figura 3.32.** Comportamiento de la relación de madurez (R.M.) a lo largo del almacenamiento de frutos de piña nativa.



**Figura 3.33.** Comportamiento de la vitamina C durante el almacenamiento de frutos de piña nativa.

### Vitamina C

Los frutos almacenados a 6°C muestran dos picos en el contenido de ácido ascórbico, con valores de 5.01 g/100g (día 5) y 4.85 g/100g (día 20). En los frutos almacenados a 11°C se aprecia una tendencia al incremento, durante el periodo de almacenamiento las concentraciones de vitamina C oscilan entre 2.46 g/100g (día 0) y 13.70 g/100g (día 20) (Figura 3.33). Es probable que el comportamiento del ácido ascórbico en los frutos refrigerados a 6°C este directamente relacionado con las lesiones por enfriamiento, puesto que los frutos susceptibles a daños por frío contienen bajos contenidos de ácido

ascórbico y azúcares (Bartholomew y Paull, 1986; Lee y Kader, 2000; Seymour *et al.*, 1993); asimismo, se conoce que la destrucción del ácido ascórbico puede ocurrir antes de que los síntomas del daño por frío se hagan visibles en los frutos (Lee y Kader, 2000).

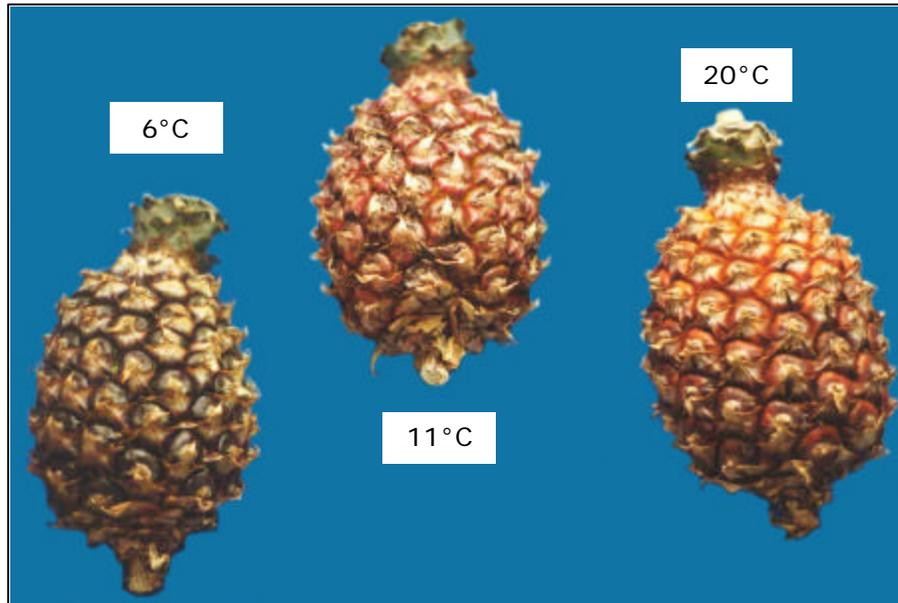
### DAÑOS EN POSCOSECHA

El fruto debe ser cosechado y transportado adecuadamente, puesto que los daños mecánicos ocasionan pardeamiento de la pulpa (Paull y Cheng, sin publicar). La piña

nativa presenta una mayor susceptibilidad a daños mecánicos en los estados avanzados de madurez (Pulido, 2000).

En los frutos dañados, sobremaduros o con fisuras en la corteza se presentan procesos de fermentación en la pulpa, resultado del desarrollo de levaduras y bacterias (Paull y Cheng, sin publicar; Pulido, 2000).

Los frutos de piña nativa almacenados a 20°C y 85% H.R muestran signos de senescencia a partir del día 10 de maduración, en este momento los frutos empiezan a presentar aromas extraños. Asimismo, se aprecia una pérdida de peso considerable, deshidratación del epicarpio y presencia de pudriciones causadas por hongos y levaduras. Con relación a las características organolépticas, se observa que el día 8 de maduración la fruta exhibe una buena apariencia y sabor agradable; en contraste, con el día 18 cuando los frutos presentan magulladuras, manchas y aroma y sabor muy fuertes (Figuras 3.34 y 3.35).



**Figura 3.34.** Apariencia externa de frutos de piña nativa almacenados a 6, 11 y 20°C por 23 días.



En poscosecha es posible encontrar escamas (*Diaspis bromelia* Kerner) sobre la corteza de la zona basal del fruto. Igualmente, se manifiesta el daño denominado pudrición del fruto o pudrición negra, causado por *Thielaviopsis paradoxa* De Seynes, este daño se desarrolla de la base del fruto hacia la corona y se caracteriza por ser una pudrición negra acuosa que invade el corazón del fruto y se extiende hacia el mesocarpio (Morales, 2001; Paull, 1997; Paull y Chen, 2000; Salazar y García, 1996; Serna, 1998) (Figura 3.36). Con el objeto de prevenir la aparición de este tipo de daños se debe realizar una adecuada selección y desinfección de los frutos.



**Figura 3.35.** Apariencia interna de frutos de piña nativa almacenados a 6, 11 y 20°C por 23 días. 



**Figura 3.36.** Daño por hongos en un fruto de piña nativa almacenado a 20°C por 18 días. 

La piña nativa (c.v. India), al igual que otras variedades, presenta susceptibilidad al daño por frío. Los frutos almacenados a 6°C manifiestan deshidratación y escaldaduras en el epicarpio al ser evaluados después de 15 de refrigeración y 10 días de refrigeración con 3 días de maduración complementaria a 20 °C. Los frutos almacenados a 6 °C no exhiben los procesos degradativos que ocurren con la senescencia; de igual manera, no presentan el aroma y sabor característicos y durante la maduración complementaria desarrollan sabores ácidos.

Los síntomas de daño por enfriamiento normalmente se desarrollan durante el periodo de maduración complementaria; en los frutos almacenados a 6°C, inicialmente (día 13) se aprecia una coloración pardo suave en el 4.05% del mesocarpio del fruto, la cual se intensifica a lo largo del almacenamiento hasta llegar a una coloración marrón intensa en el 19.6% del mesocarpio (día 23) (Figuras 3.37). El pardeamiento del mesocarpio suele empezar en torno de los haces vasculares, posiblemente a causa de la oxidación de fenoles en los tejidos por acción de la polifenoloxidasas (Das et al., 1997; Paull, 1986; Rubio, 1999; Wang, 1994). La reducción del pardeamiento puede lograrse mediante la selección de frutos con altos contenidos de SST y vitamina C; el

ácido ascórbico es probablemente un inhibidor de la actividad de la polifenoloxidasas. Asimismo, el cubrimiento de los frutos con ceras puede reducir la severidad de las lesiones por enfriamiento, sin embargo, este método no evita la manifestación de los síntomas (Das *et al.*, 1997).



**Figura 3.37.** Daño por frío en frutos de piña nativa almacenados a 6°C por 15 y 23 días y llevados a maduración complementaria a 20°C. 

La apariencia externa de los frutos almacenados a 11°C se ve afectada por signos de deshidratación y escaldaduras a partir del día 15 de refrigeración y de los 10 días de refrigeración con 3 días de maduración complementaria a 20 °C; no obstante, el fruto desarrolla el sabor y aroma característico y no exhibe pudriciones ni daño por frío.

### 3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. AZCON-BIETO, J. y M. TALÓN. 1993. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*, primera edición. Interamericana McGraw Hill. España. Pág. 463-478.
2. BARRERA, J.A. 2000. Parámetros e índices de recolección de frutas amazónicas promisorias de la Amazonía occidental colombiana. En: Memorias Seminario "Tecnologías de recolección y manejo postcosecha de frutas amazónicas con potencial económico y comercial en la Amazonía occidental colombiana". Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Universidad de la Amazonía. PRONATTA. Florencia-Caquetá.
3. BARRERA, J.A.; M.S. HERNÁNDEZ; D. PÁEZ y E. OVIEDO. 2001. *Tecnologías para el aprovechamiento integral de frutas nativas en la región amazónica colombiana*. Programa Nacional de Transferencia de tecnología Agropecuaria - PRONATTA-. Instituto Amazónico de investigaciones científicas -SINCHI-. Universidad de la Amazonía. Florencia-Caquetá.
4. BARTHOLOMEW, D.P. y R.E. PAULL. 1986. *Pinneapple*. Pág. 371-386 En: Mosselise, S. (ed.), Handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida.

5. BARTHOLOMEW, D. y E. MÁLEZIEUX. 1994. Pineapple. Pág. 243-291 En: B. Schuffer y P. Andersen (eds.), *Handbook of environmental physiology of fruit crops* Vol. II. Subtropical and tropical fruits. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida.
6. CASTRO, L.; G. ECHEVERRI; R. SALAZAR y A PINON. 1993. Efecto de la temperatura an el almacenamiento de dos variedades de piña, Cayena Lisa y Manzana. En: *Memorias primer simposio latinoamericano de piñicultura*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.
7. DAS, J.R.; S.G. BHAT y L.R. GOWDA. 1997. Purification and characterization of a polyphenol oxidase from the Kew cultivar of Indian pineapple fruit. *J. Agric. Food. Chem.* 45 (6): 2031-2035.
8. FAO. 1987. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Serie tecnológica postcosecha No. 6. www.fao.org.
9. HERNÁNDEZ, M.S. 2000. Fisiología de la maduración de frutos amazónicos. En: *Memorias Seminario "Tecnologías de recolección y manejo postcosecha de frutas amazónicas con potencial económico y comercial en la Amazonía occidental colombiana"*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Universidad de la Amazonía. PRONATTA. Florencia-Caquetá.
10. HERNÁNDEZ, N.R. 2000. Elaboración y obtención de productos deshidratados y osmodeshidratados de piña nativa (*Ananas comosus*). Tesis (pregrado). Universidad de Pamplona.
11. LEE, S.K. y A.A. KADER. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Pág. 207-220 En: *Postharvest biology and technology* No. 20.
12. MORALES, M. 2001. *Comportamiento fisiológico del fruto de piña nativa (Ananas comosus L. Merrill.) c.v. India bajo condiciones de almacenamiento durante el periodo de posrecolección*. Tesis (pregrado). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 pág.
13. NAKASONE, H.Y. y R.E. PAULL. 1998. Tropical fruits. CAB International. New York. Pág. 292-327.
14. OVIEDO, E. 2000. Caracterización y valoración nutricional de frutas promisorias en la Amazonía colombiana. En: *Memorias seminario "Tecnologías de recolección y manejo postcosecha de frutas amazónicas con potencial económico y comercial en la Amazonía occidental colombiana"*. Universidad de la Amazonía. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -SINCHI-. Programa Nacional de Transferencia de tecnología Agropecuaria -PRONATTA-. Florencia-Caquetá.
15. PANTÁSTICO, E.R. 1984. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales, segunda edición.
16. PAULL, R.E. 1997. Pineapple. Pág. 291-323 En Mitra, S.K. (ed.), *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CAB International. New York.
17. PAULL, R.E. y C.C. CHEN. 2000. Pineapple. Postharvest quality maintenance guidelines. Un published.
18. PÉREZ, M.; J. ZAMBRANO y J. MANZANO. 1996. Relación entre el color de los frutos de piña c.v. Española Roja y su estado de madurez. V Congreso nacional de frutales. *Revista Alcante* Vol. 50: 89-95. Maracay-Venezuela.
19. PULIDO, P. 2000. *Desarrollo reproductivo de la piña en el piedemonte amazónico colombiano y su respuesta a la inducción con etileno*. Tesis (pregrado). Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Universidad de los Andes. Bogotá. 97 pág.
20. PULIDO, P.; D.V. GONZÁLEZ; M.S. HERNÁNDEZ; J.A. BARRERA y O. MARTÍNEZ. 2001. Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la piña nativa (*Ananas*

- 
- comosus) c.v. India producida en el piedemonte amazónico. Sin publicar.
21. RUBIO, E. 1999. *Estudio del cambio de actividad de PFO, durante el proceso de maduración de lulo*. Tesis (maestría). Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Universidad nacional de Colombia.
  22. SALAZAR, R. Y A. GARCÍA. 1996. *Control de enfermedades y plagas en la piña*. ICA, Boletín de sanidad vegetal No. 9. Bogotá.
  23. SALAZAR, C.; A. GARCÍA y E. ARÉVALO. 1984. *Sistemas de cultivo de la piña*. ICA. Pág. 1-16.
  24. SAMSON, J. 1991. *Fruticultura tropical*. Limusa-Noriega. México. Pág. 229-358.
  25. SERNA, V.J. 1998. El cultivo de la piña. Manual técnico. FEDECAFÉ-PROEXPORT. 114 pág.
  26. SEYMOUR, G.B.; J.E. TAYLOR y G.S TUCKER. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman y may. London. Great Britain. Pág. 123-143.
  27. STERLING, C. 1980. Anatomy of toughness in plant tissues. Pág. 43-54 En: N.F. Haard y D.K. Salunkhe (eds.), *Postharvest biology and handling of fruits and vegetables*. The Avi publishing company, Inc. Westport, Connecticut.
  28. WANG, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *HortScience*, Vol. 29 (9): 173-186.
  29. WANG, C.Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience*, Vol. 29 (9): 986-988.
  30. WILLS, R.; B. GLASSON; D. GRAHAM y D. JOYCE. 1998. *Postharvest, An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables and ornamentals* CABI Pág. 1-60.