

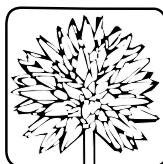
Arazá

Arazá

María Soledad Hernández

Jaime Alberto Barrera

Marcela Carrillo



**Instituto amazónico de investigaciones científicas
SINCHI**

Hernández, María Soledad; Barrera, Jaime Alberto; Carrillo, Marcela.

Arazá. María Soledad Hernández; Jaime Alberto Barrera; Marcela Carrillo. Bogotá, Colombia:
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, 2006

1. ARAZA (*Eugenia stipitata* McVaugh) - FISIOLÓGIA 2. ARAZA (*Eugenia stipitata* McVaugh)
- COSECHA 3. FRUTALES - CULTIVO 4. FRUTALES -MERCADERO 5. AMAZONIA

ISBN 958-8317-08-3

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
© Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología

Primera edición: Diciembre de 2006

Producción editorial
Diagramación, fotomecánica, impresión y encuadernación:

Reservados todos los Derechos
Queda rigurosamente....

Disponible en: Instituto Sinchi, calle 20 No. 5-44 Tel.: 4442077, www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

Tabla de contenido

Presentación	7
1. Origen e importancia del araza	9
1.1 Situación botanica	9
1.2 Origen y distribucion	10
1.3. Variedades.	11
1.4. Importancia socioeconomica	13
1.5. Composición química y valor nutritivo	21
1.6. Usos	23
Literatura citada	24
2. Aspectos morfológicos, fisiológicos y agronomicos del araza	27
2.1. Aspectos ecologicos	27

2.2 Morfología y fisiología	29
2.3. Aspectos agronomicos y de precosecha que inciden en la calidad de los fruto.	51
2.4 Manejo de la plantación	56
Literatura citada	63
Maduración y métodos de conservación de arazá	67
Maduración del fruto de arazá	67
2. Métodos de conservación para el fruto de arazá	72
3. Aplicaciones de baños con cloruro cálcico (CaCl_2).	83
4. Ciclos de calentamiento intermitente para prolongar la vida de almacenamiento de frutos de arazá refrigerados	91
Literatura citada	99
1-MCP y atmósferas modificadas la mejor alternativa para conservación poscosecha de frutos de arazá	105
1.1-Metilciclopropeno (1mcp) en la conservación de frutos de arazá	106
2. Uso de la atmósfera modificada para mantener la calidad del fruto de arazá	117
Literatura citada	140

Presentación

Cuando se habla de frutales promisorios en la región amazónica, siempre vienen algunos nombres recurrentes cuya trayectoria en la construcción de la cadena productiva de frutales regional es de las más antiguas, el Arazá *Eugenia stipitata* Mc Vaugh es una de las frutales cuyos registros se remontan a los principios de la fruticultura amazónica. Siendo identificado en el principio como un ambientador natural, por su delicioso aroma algunos locales se abstendían de consumir y solo lo utilizaban para aromatizar los ambientes, este frutal de la familia de las Myrtaceas, pariente de las muy famosas guayaba, feijoa, ol camucamu, el Arazá constituye una de las más claras alternativas productivas para los pobladores de la cuenca Amazónica.

Los primeros reportes se remontan a la década de los 80's, en centros de investigación de la región y muy en particular de la Amazonia Peruana. Sin embargo, ha sido tan grande el arraigo de esta especie en el corazón de nuestra región amazónica, que para el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, se ha convertido en una de las especies priorizadas en su línea estratégica de Desarrollo de alternativas productivas y mercados verdes.

Sin duda, el gran reto asumido por los investigadores institucionales se centra en dar a conocer las excelentes propiedades organolépti-

cas y nutricionales de un fruto, que por sus características de fisiología particulares, tiene una corta duración una vez cosechado y cuya única opción de uso y aprovechamiento se asociaba a la transformación agroindustrial. Sin embargo, el desarrollo de la investigación sobre la fisiología de cosecha, maduración y poscosecha da hoy sus “frutos” y es así que la presente publicación reúne una década de investigación en esta especie promisoría.

Desde el primer capítulo se recopila la información sobre la fisiología de la planta sola y en comunidad, a través de los estudios de análisis de crecimiento vegetativo, adelantados en las condiciones de la Amazonia occidental, con algunos referentes a la Amazonia oriental. En los siguientes 3 capítulos se plasma el resultado de los análisis de crecimiento reproductivo de la especie, la caracterización del proceso de maduración y las tecnologías de poscosecha para la preservación de la calidad del fruto cosechado. Finalmente, se presenta una visión compilada de aspectos relacionados con la agroindustrialización del fruto, destacando las experiencias exitosas de producción de nuestras empresas regionales.

Seguramente, esta no es la primera publicación sobre el Arazá en la Cuenca Amazónica, pero no hay ninguna duda, que es la primera que recoge una investigación tan completa y consistente sobre la tecnología de manejo y conservación de sus frutos.

Es pues para el Grupo de investigación sobre Frutales promisorios de la Amazonia, del Instituto SINCHI muy grato entregar esta nueva producción a la comunidad regional, nacional e internacional sobre un esfuerzo ininterrumpido por la construcción de una región vital a nivel global.

1. Origen e importancia del araza

**Jaime Alberto Barrera¹,
Maria Soledad Hernández¹,
Marcela Piedad Carrillo¹**

¹Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

1.1 Situación botánica

Reino Vegetal	(Plantae)
Subreino	Embryiophyta
División	Tracheophyta
Subdivisión	Spermopsida
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Myrtaceae
Familia	Myrtaceae
Género	Eugenia

Especie	<i>Eugenia stipitata</i> Mc Vaugh
Suespecie	<i>Eugenia stipitata</i> subsp. Sosoria
	<i>Eugenia stipitata</i> subsp. Stipitia

1.2 Origen y distribucion

El araza es originario de la región amazónica occidental comprendida entre los ríos Marañón y Ucayali y en las proximidades de Requena y el nacimiento del río Amazonas. Su origen corresponde a uno de los 5 centros de diversidad que se encuentran en la Amazonia (Donadio, 1995). Como frutal nativo de la Amazonía Peruana, existe en estado silvestre en muchas partes del departamento de Loreto, observándose plantas hasta de 10 metros de altura, en la cuenca del río Marañón.

Algunas especies se han encontrado en la cuenca del río Ucayali en áreas próximas a la provincia de Requena, también se han observado en caseríos aledaños a los ríos calmapanas, huazaga, pucacaro, tigre, arabela y tapiche (poblado de soledad), siendo el lugar más importante por encontrarse plantas silvestres en gran número. En la zona de Iquitos, es observado como frutal doméstico establecido en huertos familiares, existiendo parcelas semicomerciales.

Inicialmente se creía que esta especie era originaria del Brasil, pero en Manaos en donde es denominada como Araca-boi o guayaba Peruana, sólo existe algunos ejemplares, los cuales han sido introducidos del Perú. Paradójicamente en Iquitos el fruto es denominado también guayaba Brasileña, en Leticia y Bucaramanga, también es conocido como guayaba peruana. La mayor diversidad genética de *Eugenia stipitata* se registra en el sudoeste de la Amazonia, de igual manera, la especie se encuentra en estado silvestre solamente en la Amazonia occidental (Pinedo *et al.*, 1981; Quevedo 1995).

El arazá *Eugenia stipitata* Mc Vaught subespecie sororia es cultivada en los países de Perú, Brasil, Ecuador, Colombia, Bolivia y Costa Rica. En Colombia, aunque no en grandes cultivos, se encuentra distribuida en los departamentos de Meta, Caquetá, Putumayo y Amazonas, así como se encuentran algunos reportes en Cundinamarca, el eje cafetero

y el Valle del Cauca, donde has sido introducida desde las últimas dos décadas (Rodríguez, 1991).

1.3. Variedades.

La especie fue descrita por Mc Vaugh en 1.956, a partir de colecciones del Perú, Brasil, Bolivia y Colombia. Se reportan dos subespecies:

E. stipitata es un arbusto de tamaño medio, con mayor número de estambres, hojas y flores más grandes con frutos de mayor tamaño. *E. sosoria* es un arbusto con flores de menor número de estambres, hojas y flores más pequeñas, con frutos de menor tamaño. Tabla 1.

Tabla 1.1.

Características botánicas y sensoriales de la pulpa de Arazá cultivado y silvestre.

Características Botánicas	Arazá cultivado (<i>stipitata</i>)	Arazá silvestre (<i>sosoria</i>)
Planta		
Follaje	Denso	Poco denso
Hojas		
Forma	Elíptica	Oblonga
Largo	0.8-12 cm	10-13 cm
Ancho	0.3-0.6 cm	0.4-0.7 cm
Ápice	Agudo	Agudo
Color	Verde	Verde opaco
Pubescencia	Poco	Abundante
Frutos		
Tipo	Baya esférica	Baya esférica achatada
Peso	200-350 g	70-180 g
Color	Amarillo	Amarillo claro
Epicarpio	Liso	Aspero

Fuente:

Entre las dos subespecies, la *sosoria* es la más extendida en el ámbito agrícola, por sus ventajas naturales de resistencia a enfermedades y a altas saturaciones de aluminio del suelo y a su alta productividad de frutos. Desde su región de origen en la Amazonía occidental Peruana,

los Tucanos orientales semídomesticaron la fruta. Del Guaviare se ha llevado la subespecie *sororia* a Caquetá, Putumayo, Caldas, Meta (Villavicencio, Macarena y Mapiripan), Cundinamarca (Fusagasuga, Villeta y Yacopi), Antioquia (Puerto triunfo y Andes).

De acuerdo con Osorio *et al.*, 2001 en el Caquetá-Colombia existen 6 ecotipos que difieren en las características morfológicas de la planta, tamaño, forma y consistencia de los frutos, dando nombre a cada uno de acuerdo con su procedencia así:

- Araza amazónico: Árboles de copa rala, grandes gruesas y de color verde oscuro. Los frutos son pequeños, con suaves retículas que se distribuyen longitudinalmente a través del fruto.
- Araza brasilero grande: Frutos de consistencia blanda y semillas de forma regular ovalada-redondeada.
- Araza brasilero pequeño: Presenta semilla de forma ovalada, rugosidad oscura menos pubescente que el anterior.
- Araza costarricense grande: Posee frutos resistentes y que toleran mayor la manipulación, posee semillas ovaladas, alargada y moteados blancos.
- Araza costarricense pequeño: Sus semillas son redondeadas, ovaladas, color marrón oscuro, textura pubescente.
- Araza peruano: La principal característica de este material está dada por la forma del fruto semejante al de una Pera (Osorio *et al.*, 2001)

Ariza, 2000 menciona respecto a los caracteres evaluados en esta colección, la identificación de 2 subespecies en los seis ecotipos evaluados: *Eugenia stipitata* subsp. *sororia* (ecotipos Costa Rica Grande, Costa Rica Pequeño, Brasilero Grande, Brasilero Pequeño, y Peruano) y *Eugenia stipitata* subsp. *stipitata* (ecotipo Amazónico).

Dentro de las variables cuantitativas evaluadas por Ariza, 2000, las de mayor importancia para indicar variabilidad en estudios de caracterización son: características de hoja (longitud de la hoja, ancho de

la hoja), flor (longitud del pedicelo de la flor) y semilla (número de semillas por fruto), lo que enriquece la definición, a nivel de subespecie, de *Eugenia stipitata* McVaugh, a través de la valoración de los caracteres ancho y longitud de la hoja, número de semillas y densidad del follaje.

En Guaviare, Colombia el instituto SINCHI custodia una colección de trabajo de Araza los cuales están conformados por una población de individuos que difieren unos de otros por características morfológicas, los cuales han sido denominados ECOTIPOS, es decir, un grupo de plantas de una especie adaptadas genéticamente a un ambiente particular bien definido. Estos ecotipos son producto de la evaluación morfoagronómica *ex situ* y del agrupamiento de los individuos de diferentes procedencias o grupos con características fenotípicas similares. El procedimiento estadístico permite clasificar los individuos en quince ecotipos de acuerdo a características reproductivas y vegetativas. Las características mas importantes de cada ecotipo son: Diámetro longitudinal y ventral de frutos, peso de la pulpa, relación longitud/ancho mínima y máxima de las hojas, descriptores propuestos por Vargas (1997).

1.4. Importancia socioeconomica

1.4.1. Superficie cultivada y producción esperada de araza en amazonia colombiana.

En Colombia las mayores áreas de siembra de Araza se encuentran en los departamentos Amazónicos de Caquetá, Putumayo y Guaviare principalmente, haciendo parte de los modelos agroforestales desarrollados en la región (Figura 1). La mayor parte de la producción se concentra en el departamento del Caquetá producto de un programa desarrollado por ASOHECA (Asociación de Reforestadores y Cultivadores de Caucho del Caquetá) gremio que ha promovido la asociación Caucho, Araza, Nogal como modelo de producción para áreas de sustitución de cultivos ilícitos, en el sur del Departamento.

Figura 1.1. Departamentos productores de Araza en Colombia



En la Amazonia occidental de Colombia de acuerdo con Corpoica en el año 2004 se tenían censadas 499 hectáreas de Araza en los departamentos del Caquetá y Putumayo. Ya en el año 2005 Gutierrez *et al.*, reportan la existencia de 495 has de araza tan solo en el departamento del Caquetá. Este estudio menciona el registro en este departamento de 912 productores de Araza de 355 veredas y con censo aproximado de 247.282 plantas de araza distribuidas principalmente en los municipios

de Albania, Florencia, Valparaíso y Solita. La productividad esperada los próximos 7 años se presenta en la tabla 2

Foto 1.1 Distribución de áreas de siembra de Araza en Amazonia Occidental Colombiana, Departamentos de Caquetá y Putumayo



Tabla 1.2. Cálculos de producción de araza en Toneladas de fruta fresca (Gutierrez et al., 2005)

Productores	No Plantas	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
912	247282	2165.81	2863.58	3432.18	4029.64	4411.62	4439.83	4439.83

De acuerdo con Gutierrez et al., 2006 la actividad de la fruticultura en el departamento de Caquetá, se encuentra en manos de pequeños productores, dado que el 63% de las fincas que poseen cultivo de frutales amazónicos son menores de 50 hectáreas (724 predios)

Según Camacho, 2005 la Demanda de fruta en fresco de Araza en Bogotá se estima en 480 Ton/año, demanda que no esta satisfecha por la dificultades para la manipulación y transporte que tiene la fruta y por la baja calidad obtenida por deficiente manejo modelo de producción. En

un ejercicio de diagnóstico realizado por el Instituto Humboldt y el Sinchi en Amazonia, se mencionan serias limitaciones que se presentan en el eslabón de la producción primaria de los frutales amazónicos, ya que afecta la productividad y calidad de la fruta y reduce las posibilidades de acceder al mercado de esta fruta en fresco actualmente no satisfecho pero exigente en términos de volumen y calidad (Arcos *et al.*, 2004).

1.4.2 Aspectos generales de mercadeo y comercialización para el araza

De acuerdo con Torres, 2004, antes de evaluar las oportunidades comerciales de frutas amazónicas como el araza, es importante precisar ciertas características en el comportamiento del consumidor colombiano que permitirán una mayor comprensión del tema a desarrollar. En primer lugar, la ubicación de Colombia en la zona tropical sumado a las diferentes zonas geográficas del país permiten que el mercado nacional se autoabastezca de manera permanente durante todo el año con una gran variedad de frutas, lo cual ha mantenido en el consumidor una tendencia clara y permanente a consumir fruta fresca, adicionalmente la buena oferta permite encontrar diferentes sabores a precios razonables.

La demanda interna de frutas en el país está determinada por el ingreso per-capita, la distribución del ingreso entre la población, aspectos culturales relacionados con la alimentación, comportamiento de la agroindustria procesadora de frutas, precios relativos de productos sustitutos y por la dinámica y posibilidades de exportación.

La información sobre producción y consumo de frutas en Colombia adolece de confiabilidad. Probablemente esta se encuentra relacionada con la alta dispersión del mercado; informalidad de las transacciones; escasez de estadísticas sobre áreas sembradas, producción y productividad; y por escaso número de entidades o investigadores dedicados al tema.

Con base en la encuesta de hogares del DANE (1985) la misión de Estudios del Sector Agropecuario estimó la elasticidad del gasto en alimentos, encontrando para el caso de frutas frescas el valor más alto (0.96) con relación a todos los bienes analizados. En grupos sociales de medianos ingresos las frutas frescas tienen una elasticidad superior a 1,

en los cuales un aumento en los niveles de ingreso producen un incremento más que proporcional en la demanda. Por esta razón las frutas son calificadas como bienes superiores (Orduz, 2000).

El aumento del consumo de frutas en el país se va a determinar por los siguientes factores: Por aumento natural de la población, aumento en los niveles de ingreso (ocasionado por la alta elasticidad ingreso de las frutas), por incremento en los últimos años de la capacidad instalada de la agroindustria y por el aumento en el consumo de frutas transformadas, en la cual han tomado la iniciativa los principales grupos económicos en particular en el mercado de jugos de frutas.

Los frutos amazónicos presentan un desarrollo reciente y no aparecen reportados en las estadísticas sobre consumo de frutas y área cultivada de frutas en el país. Aparentemente los frutales tropicales promisorios como el araza tienen alguna importancia en los mercados regionales y muchos de ellos no son conocidos por los consumidores de los principales centros urbanos del país ni de las regiones en donde se cultivan. Por tal motivo no aparecen en las estadísticas del subsector frutícola.

A continuación se plantea una aproximación sobre la estrategia a seguir para el desarrollo de los frutales tropicales promisorios y exóticos (Orduz, 2000):

- Desarrollo del mercadeo como fruta fresca o transformada en mercados regionales (veredas, pueblos y ciudades pequeñas).
- Participación en el mercado de fruta fresca es transformada en ciudades intermedias y capitales de departamento.
- Desarrollo del mercado de Bogotá e iniciar la participación en la comercialización de fruta o productos transformados en supermercados de cadena.
- Inicio de la distribución y mercadeo de la fruta en todo el país y en los diferentes canales de distribución (fresco o transformado).
- Evaluar las posibilidades de participar en el mercado internacional

Existen algunos ejemplos de frutas que han recorrido el anterior camino. Una de ellas es la uchuva (*Physalis peruvianum*), que paso de ser

consumida en el altiplano Cundiboyacense a ser fruta de exportación; siendo en la actualidad la fruta que más se exporta después del banano. El Borojo (*Borojoa patinoi*) es una fruta originaria del Choco y consumida por los pobladores del pacífico, su consumo hoy día se realiza en todo el país; y su cultivo se efectúa en varias zonas cálidas húmedas del territorio Colombiano (Caquetá, Llanos, Valles Interandinos). Adicionalmente se han plantado cultivos comerciales en la Costa Pacífica y han desarrollado presentaciones de la fruta que se consiguen en las principales cadenas de supermercados del país (Orduz, 2000).

En un estudio realizado por Rojas y Arciniegas, 1999, en relación a la posible demanda de araza en Bogotá D. C. se encontró que la población de Colombiana prefieren frutas cítricas como la naranja, el lulo, etc., debido a su contenido de vitamina C, hecho importante ya que, el Arazá tiene una ventaja comparativa ante las frutas existentes en cuanto a este aspecto.

En la tabla 3 Se muestran los principales resultados obtenidos con una encuesta de preferencias realizada en Bogotá D.C, realizada por Rojas y Arciniegas, 1999. Esta encuesta incluye aspectos de evaluación del público a las características intrínsecas del Arazá.

Tabla 1.3. *Preferencias y características de los consumidores de frutas en Bogotá.*

PREFERENCIA EVALUADA	CARACTERISTICA DE EVALUACION	RESULTADO EN %
Preferencias de Consumo de frutas	Cítricos	30 %
	Mango	20 %
	Mora	15 %
Frecuencias de compra	Semanal	45.5%
	Quincenal	28.3%
Formas de Consumo	Fresco	75.9 %
	Pulpa	10.0 %
	Néctar	9.0 %
Lugar de Compra	Supermercado	40%
	Plaza de Mercado	35.6%
	Tienda de barrio	22.5%
Características de la fruta (Arazá)		
Textura	Agradable	92.4%
	Desagradable	7.6%
Aroma	Agradable	92.2%
	Desagradable	7.8%

Apariencia	Excelente	95.6%
	Buena	3.8%
	Regular	
Presentación	Natural	71.2%
	Pulpa	25.4%
	Néctar	0.9%
	Otra	2.5%

De la tabla 3 Se desprende que los consumidores compran sus frutas preferiblemente cada semana (45.5%). El 75.9% de los encuestados prefiere la fruta natural, en fresco. Los lugares de compra más frecuentados son los supermercados, las plazas de mercado y las tiendas, debido a la seguridad que encontrara el producto y por su comodidad al desplazarse.

Este aspecto esta muy en concordancia con un estudio de la CCI que determina que cadenas como Carulla, Superley, Pomona, La candelaria entre otras, están distribuidas principalmente en el Nororiente de la Ciudad (localidades de Usaquen, Chapinero, Suba, Barrios Unidos y Teusaquillo) donde se concentran la mayoría de los ingresos medios y altos que buscan una mejor calidad en las frutas y verduras que consume. Por su parte Cadenas como Ley, Cafam, Colsubsidio, Olímpica y Febor se han ubicado en zonas más populares y de desarrollo de la ciudad para atender la demanda de los consumidores de menores ingresos (Kennedy, Fontibón y Engativá). Los hipermercados y grandes almacenes como el Exito, Carrefour y Makro han sido ubicados en áreas que tiene grandes lotes para permitir gran acceso de compradores a sus instalaciones.

En lo que respecta al Araza la textura es calificada como extraña debido a su apariencia suave y frágil. Las personas afirman que es agradable (92.4%). La fruta posee características organolépticas que la diferencia de otras frutas. Al ser una fruta exótica su aroma no es fácil de describir, pero es aceptado por un 92.2% de los encuestados.

Características de consumo. En general en el momento de comprar la fruta las personas buscan frutas con alto valor nutritivo, con buena calidad y un sabor agradable.

El Arazá al ser presentado por primera vez al público bogotano, genera expectativas que se reflejan en las observaciones y/o opiniones de

las personas. La apariencia en un 95.6% de los encuestados es excelente. La fruta en fresco o natural tiene mayor aceptación (71.2%) debido al hábito de consumir lo natural y por la facilidad de preparación de otros productos. Los encuestados creen que el hecho de ser una fruta exótica sería agradable consumirla permanentemente.

Dada la tendencia en la compra de productos frescos, el comercio se ha venido desarrollando para atender estas necesidades, razón por la cual se han creado en los supermercados las divisiones de frutas y verduras - Fruver y aún más en los últimos años han surgido supermercados especializados en la venta de frutas y verduras denominados Fruver de Cadena, los cuales llenan sus góndolas con una amplia variedad de productos provenientes del agro y cuyas áreas de exhibición superan a las de los supermercados tradicionales.

La comercialización de frutas como el araza en los supermercados se encuentra favorecida por factores tales como el interés del consumidor en la compra de productos naturales, frescos y de nuevos sabores; el rendimiento de la fruta (arazá) para hacer jugo y el precio competitivo con otras frutas, junto con la campaña de apoyar la sustitución de cultivos ilícitos son elementos que despiertan el interés en la compra del producto. Igual se considera que es un momento oportuno para introducir las frutas amazónicas en el nuevo concepto de Fruver de cadena, dado el auge de este tipo de canal para la comercialización de nuevos productos provenientes del campo, lo cual permitiría la venta de importantes cantidades en una sola entrega, concentrando las tareas de distribución y logística en pocos puntos (Torres, 2004).

Es importante mencionar que la demanda actual de fruta fresca de araza estimada para Bogotá es de 2 toneladas mensuales, pero perfectamente podría alcanzar un nivel de 40 ton-mes si se mejoran aspectos de calidad y oportunidad en los suministros. Esta demanda se calcula con base en los reportes de supermercados de cadena tipo fruver que ya tienen codificada la fruta fresca entre ellos Surtifruver de la Sabana, Almacenes YEP, Olimpica y Carulla, quienes a mostrado interés en un suministro acorde a sus condiciones actuales de mercado (Torres, 2004).

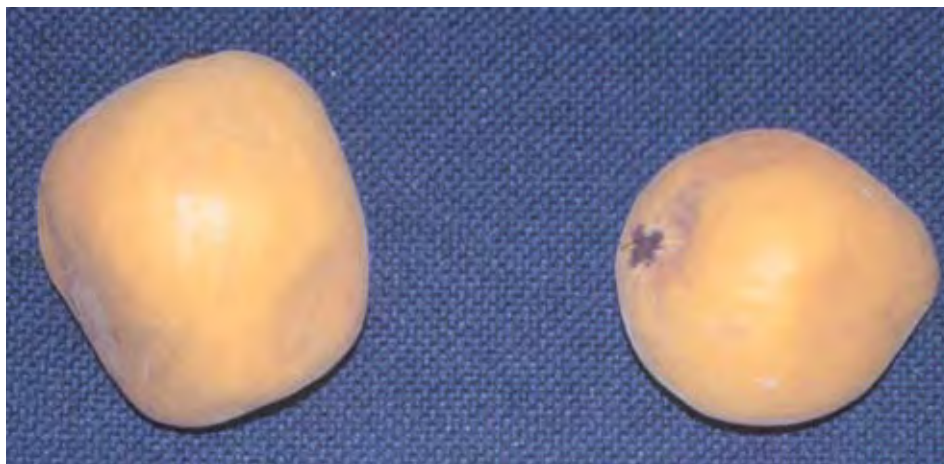
1.5. Composición química y valor nutritivo

De los frutos de araza que actualmente se encuentran a nivel de los sistemas productivos de la región se distinguen dos ecotipos, uno de origen peruano y otro de origen brasilero. El primero posee una forma aperada y sus características organolépticas resultan más atractivas al consumidor. Sin embargo, el número de semillas por lo general es mayor disminuyendo su rendimiento. Por otra parte, el fruto del ecotipo brasilero es un fruto de mayor tamaño, número de semillas menor, aunque un poco mayores y de características organolépticas menos conspicuas.

Foto 1.2. Fruto de Ecotipos de Araza Brasileiro (a) y Peruano (b).



(a) Araza Brasileiro



(b). Peruano

Tabla 1.4. Caracterización físico-química del fruto de arazá del piedemonte amazónico en estado maduro.

Componente	Unidad	Brasileño		Peruano	
Diámetro longitudinal	cm	6.99		7.90	
Diámetro transversal	cm	8.1		73.2	
Peso fresco	g	227.33		189.84	
Corteza	% en peso	5.98		4.17	
Pulpa	% en peso	71.97		78.31	
Semilla	% en peso	22.04		17.52	
		Pulpa	Corteza	Pulpa	Corteza
Acidez total	%Acido cítrico anhidro	2.1988	2.217	2.661	1.952
pH		2.88	3.15	2.79	3.17
Sólidos solubles	oBrix	3.4	4.4	4.1	5.1
Azúcares reductores	%	0.3072	0.577	0.302	0.578
Azúcares totale	%	0.542	0.323	0.427	0.342
Materia Seca	%bs	9.68	14.59	7.89	15.80
Cenizas	%bs	2.037	2.148	2.814	3.49
Proteínas	%bs	12.67	12.14	11.05	11.82
Extracto etereo	%bs	12.32	8.34	12.32	7.48
Fibra cruda	%bs	11.29	8.3	9.74	8.24
ENN	%bs	61.68	69.07	64.17	68.97

El fruto de arazá posee un alto contenido de humedad, alrededor del 90%, lo que contribuye al incremento de la tasa respiratoria e incide directamente en la alta perecibilidad. Los contenidos proteicos resultan moderadamente altos y pueden estar asociados a una alta tasa metabólica, con un importante nivel de actividad enzimática.

Por otra parte, la fibra cruda constituye un interesante aporte a la dieta básica. El arazá aporta una moderada cantidad de ácido ascórbico, entre otras vitaminas, favoreciendo de esta forma la seguridad alimentaria en la región amazónica, ya que de otra manera el consumo de vitaminas provendría siempre de frutos “importados” a la región.

1.6. Usos

Los frutos de arazá deben ser almacenados en ambientes protegidos de la luz y bajo temperatura ambiente, completan su maduración entre dos a tres días, alcanzando el color, sabor y aroma típicos de un fruto que completa su desarrollo en la planta (Chávez & Clement, 1984, Picón, 1989, Kanten, 1994). El transporte del fruto para el comercio in natura es extremadamente difícil debido a que éste es altamente sensible a la pudrición (Swift & Prentice, 1983). Siendo el fruto de arazá bastante delicado, ablandándose con facilidad, se recomienda que sea procesado en forma de pulpa lo más rápido posible, para luego guardarla congelada o refrigerada hasta el momento de su comercialización o para utilizarla en la obtención de otros productos (Do Nascimento & De Oliveira, 1999).

Con miras a un mayor aprovechamiento de la fruta tanto en fresco como procesada se han llevado a cabo estudios alrededor de sus componentes volátiles en pulpa y semilla (Medeiros, 2003; Franco & Shibamoto, 2000); así mismo se evaluaron las características físicas, químicas y bioquímicas de frutos verde-maduros y maduros que puedan afectar el proceso de la extracción y de la estabilidad del jugo de arazá, así como la aceptabilidad del producto procesado. Se encontraron niveles de vitamina C entre 31.78 y 33.70mg/100g, contenido de sólidos solubles totales de 4.34 °Brix y una muy alta producción de pulpa (entre 85.86 y 88.57% según madurez) (Filgueiras *et al.*, 2002).

En diversos países pertenecientes a la cuenca amazónica se identifican aplicaciones agroindustriales del fruto para la elaboración de pulpas, mermeladas, bocadillos, néctares, cocteles, vinos, conservas y deshidratados de buena calidad y estabilidad, así como su utilización en la industria de perfumes por su alto potencial para la extracción de sus principios aromáticos, por su olor muy agradable y exótico. Además se exalta su valor nutritivo por su contenido de vitamina C, el cual duplica al de la naranja (Hernández & Galvis, 1993; Hernández & Barrera, 2001).

Se han realizado estudios sobre las operaciones de transformación y escalamiento de operaciones de proceso del fruto de arazá transfiriendo la tecnología alcanzada, mediante un proceso de acompañamiento permanente a agroindustrias regionales nacientes. Es así como el proyecto

Chagra Maguaré del departamento de Caquetá ha recibido el beneficio de toda la tecnología desarrollada, en los centros experimentales de del Instituto SINCHI y de la Universidad Politécnica de Cartagena (España).

Literatura citada

1. Arcos A. L., Becerra, M. T., Benitez, A. M., Diaz, J. A. 2004. "Diagnóstico y Caracterización de la Cadena de Valor de Frutales Amazónicos". Instituto HUMBOLDT-UNCTAD. Bogota. 71 p.
2. Ariza, A. 2000. Biología floral y caracterización morfológica de 6 ecotipos de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) en el departamento del Caquetá Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Tesis (Pregrado). Bogotá. 49 p. .
3. Camacho, J. 2005. Empaque para araza en Fresco. Tesis Diseño Industrial Universidad de los Andes- INSTITUTO SINCHI. Bogota, Colombia. 32 p.
4. Corpoica - Conif, 2003. El Cultivo de Frutales Amazónicos en Agroforestería. Memorias Taller. Florencia (Caquetá). P 19.CORPOICA, 2004
5. Chávez F., W. B.; Clement, C. R. 1984. Considerações sobre o araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh, Myrtaceae) na Amazônia Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 7, 1983, Florianópolis. Anais... Florianópolis, SBF/EMPASC. p.167-177.
6. Donadio, L.C. 1995. Native fruits of Brasil. Acta Horticulturae. 370:109-112.
7. Do Nascimento, S. A., de Oliveira G., D. F. 1999. Manual Técnico sobre Cultivo y Utilización del Arazá (*Eugenia stipitata*). SPT-TCA-VEN-sn. 177 p.
8. Filgueiras, H.A.C., Alves, R.E., Moura, C.F.H., Araújo, N.C.C. and Almeida, A.S. 2002. Quality of Fruits Native to Latin America for Processing: Arazá (*Eugenia stipitata* Mcvaugh). Acta Hort. (ISHS) 575:543-547.
9. Franco, M.R., Shibamoto, T. 2000. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), Araca-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuacu (*Theobroma grandiflorum*). J Agric Food Chem.

10. Gutiérrez, A. Criollo, D. [et al]. 2005. Oferta real, área y volúmenes de producción en frutales amazónicos en el departamento del Caquetá. Informe Final Carta de Compromiso No 002/2004. Corpoica-Corpoamazonia. Florencia, Caquetá. 79 p.
 11. Hernández, M.S. y J.A. Galvis. 1993. Procesamiento de arazá y copoazú. Colombia Amazónica, Vol. 6 (2): 135-148.
 12. Hernández, M.S., Barrera, J. (2001). Manejo Postcosecha y Transformación de frutales nativos promisorios de la Amazonia colombiana. Ed. Produmedios, Bogotá, Colombia, 63 p
 13. <http://www.bolsaamazonia.com>
 14. http://www.actahort.org/books/575/575_63.htm
-
16. Kanten, R. F. Van. 1994. Productividad y fenología del araza (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) bajo tres sistemas agroforestales en Baja Talamanca, Costa Rica. Turrialba, C. R., CATIE. 59p. (Tese M. Sc.)
 17. Medeiros, J. R. 2003. Composition of the bioactive essential oils from the leaves of *Eugenia stipitata* McVaugh ssp. sororia from the Azores. Journal of Essential Oil Research: JEOR. 4 p.
 18. Orduz, J. 2000. Informe Final Proyecto introducción , conservación y evaluación de frutales exóticos y promisorios en el piedemonte llanero con alta potencialidad en el mercado regional y nacional”. Corpoica-Pronatta. Villavicencio Meta. P 8-13.
 19. Osorio, V. Ariza, A. Morales, M. 2001. ARAZA *Eugenia stipitata* Mc Vaught. En: Especies promisorias de la Amazonia. Conservación, manejo y utilización del germoplasma. Colciencias-Bid-Corpoica. Ed produmedios. P 44-45.
 20. Picón B., C. 1989. El cultivo de araza. Iquitos, INIA. 8 p.
 21. Rodríguez, S. 1991. El arazá (*Eugenia stipitata*). Corporación colombiana para la Amazonía. San José del Guaviare. Colombia. p30.
 22. Rojas, C. J., Arciniegas, A. Determinación y diagnóstico del mercado en Santa fe de Bogotá d.c., para el consumo de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) fruta exótica En fresco, pulpa y néctar originario del piedemonte caqueteño” Tesis Facultad de Ingeniería. Universidad Libre. Bogota, D. C. P 61-69.

23. Swift, J. F.; Prentice, W. E. 1983. Native fruit species of the Ecuadorian Amazon: production, techniques and processing requirements. In: Lamberts, M.; Schaffer, B.;
24. Jackson, L. K.; Knight Jr., R. J. (ed.). New fruits with potential for the american tropics. Homestead, Florida, U. S. A., American Society for Horticultural Science Tropical Region, v. 27, part A, p.95-100.
25. Pinedo M.P., Ramirez F.N. and Blasco M.L. 1981. Notas Preliminares sobre el Araza (*Eugenia stipitata*) Frutal Nativo de la Amazonia Peruana. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima, Perú, pp. 58.
26. Quevedo E. C. 1995. Aspectos agronómicos sobre el cultivo del Araza (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). Agronomía Colombiana. 12(1): 27-65.
27. Torres A. 2004. Viabilidad para comercializar frutas amazónicas y sus productos en mercados de Bogota y Neiva. Informe Final. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogota, Colombia. 148 p.

2. Aspectos morfológicos, fisiológicos y agronomicos del araza

**Jaime Alberto Barrera¹,
Maria Soledad Hernández¹,
Lina Maria Bermeo²,
Guillermo Vargas¹,
Orlando Martinez³**

¹*Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*

²*Universidad de la Amazonia*

³*Universidad de los Andes*

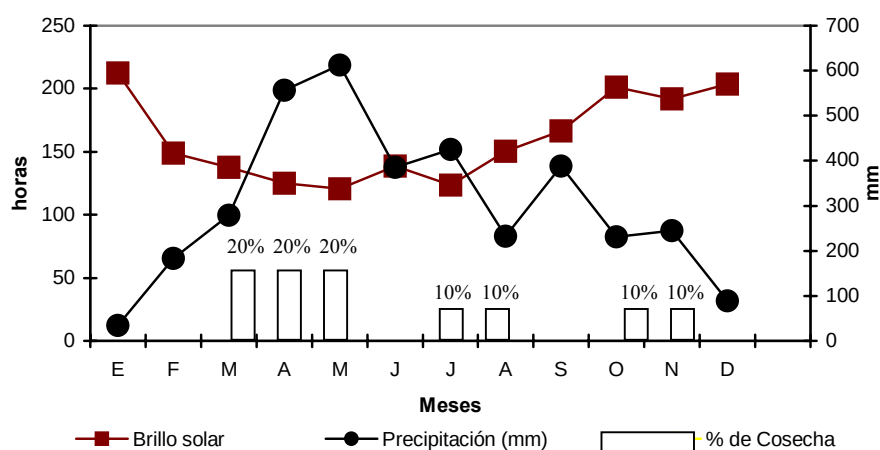
2.1. Aspectos ecologicos

2.1.1 Clima.

La planta se desarrolla adecuadamente en áreas con temperatura media mensual mínima de 18°C y máxima de 30°C. (Villachica *et al.*, 1996). La influencia de la temperatura en su desarrollo no se ha estudiado aún detalladamente, pero se ha observado que la floración es mínima

en el mes de menor temperatura media en la Amazonia peruana (Pinedo *et al.*, 1981). El arazá, por lo tanto, es una especie de clima tropical, adaptada las zonas calientes y húmedas, sin embargo, se ha adaptado en diversas regiones de Brasil, con un total pluviométrico anual de 1431 mm, temperatura media de 22°C, altitud de 575 m y localización aprox. de 48°C E y 21°S (Donadio, 1995).

Figura 2.1. Periodos y porcentaje de cosecha de Arazá en Amazonia Occidental y su relación con el comportamiento climático de la región. Datos climáticos promedios mensuales últimos 10 años. Fuente: IDEAM



Se ha verificado que la floración y la fructificación son mínimas en la época de menor pluviosidad (Pinedo *et al.*, 1981; Chávez y Clements, 1984; Falcao *et al.*, 1988). Así mismo la diferenciación de yemas florales es posiblemente estimulada por las lluvias, que ocurren entre uno y dos meses antes que los botones florales sean visibles (Falcao *et al.*, 1988).

Los factores climatológicos inciden en varios aspectos del cultivo y en producción del arazá, ya que es una planta de fotoperiodismo corto (necesita menos de 12 horas de luz), característica que es favorable en las condiciones climatológicas de la amazonia Noroccidental. El balance hídrico es de gran importancia, porque un déficit de agua conduce a un stress por falta de humedad, que afecta su floración y fructificación (Quevedo, 1995). Estudios realizados (Falcao *et al.*, 1988) indican que

el principal factor meteorológico que influye en la producción de arazá es la precipitación pluvial. La incidencia de la humedad relativa y de la temperatura, son factores secundarios sobre la floración y la fructificación, si estos factores constantes y se presenta una precipitación pluvial entre 200 y 300 mm/mes se pueden obtener buenos resultados.

2.1.2. Suelos

El clima de la región amazónica Colombiana donde se cultiva el arazá, fue clasificado húmedo y con temperaturas promedio de 25 °C, mínima de 18 °C y máxima de 33 °C. La precipitación pluvial máxima en el año, es de 672 mm en el mes de mayo, y la mínima es de 42 mm en el mes de enero. La humedad relativa es de 84%.

El arazá se desarrolla perfectamente en suelos con bajos niveles de fertilidad, principalmente en fósforo, calcio y magnesio, elevada saturación de aluminio (80%) y acidez (Quevedo, 1995; Villachica *et al.*, 1996). Además de ello, la planta crece fácilmente en cualquier tipo de suelo de la tierra firme de la Amazonia (Calvante, 1991) y soporta inundaciones periódicas y cortas (Pinedo *et al.*, 1981; Quevedo, 1995; Flores, 1997).

Para cultivos comerciales, se recomiendan los suelos profundos, bien estructurados, bien drenados y de buena fertilidad (FAO, 1987; Pinedo *et al.*, 1981). En cuanto a la textura, deben ser de preferencia suelos arcillosos, pues poseen mayor poder de retención de agua y nutrientes, que se reflejan directamente en la producción del fruto (Arévalo *et al.*, 1993).

Cuando en el suelo la cantidad de agua llega a alta saturación casi a los 100% tanto la floración como la fructificación aumentan, por lo que en los meses de abril, octubre y noviembre se presenta una alta cosecha.

2.2 Morfología y fisiología

2.2.1 La planta

De acuerdo con Vargas *et al.*, 2002 el araza es un arbusto de hasta 6 m, con ramas subteretes, densamente marrón pubescentes, de hojas simples, opuestas con puntos translucidos, elíptico-lanceoladas de 4-18

x 2.5-7.5 cm, ápice acuminado, base obtusa a redondeada, en ambas caras pubescentes; vena media plana o mas o menos emergente en la haz, venas secundarias de 7 a 15 pares, emergentes en el envés, la vena colectora indefinida. Inflorescencia en racimos reducidos de 4 a 7 flores, subsesiles, pedicelos de 8 a 14 mm de largo, estos y el hipanto densamente fulvo-pubescentes. Frutos en bayas globosas de 8 a 12 cm de diámetro, diminutamente puberulos, amarillos cuando maduran.

Foto 2.1. *Árbol de araza*



2.2.2 Desarrollo durante la etapa vegetativa.

2.2.2.1 Fase de rápido desarrollo y crecimiento vegetativo

Pinedo *et al.*, 1.991, cuantificaron en el Perú el crecimiento en 128 plantas de Arazá, encontrando una altura promedio de 41,40 cm a los ocho meses de edad, dentro de una misma oscilación de medias entre 25 y 75 cm. Las plantas estabilizan el crecimiento aproximadamente a los cinco años, alcanzando una altura entre 2.16 a 2.92 m y el diámetro fructifica cuando tiene menos de un metro y empieza a producir de los 14 a 18 meses. En el tercero y cuarto año, desde la siembra de la semilla, hasta cuando empieza la producción en un lugar soleado, produce de 60 a 80 frutos, pues, en la sombra, su producción es menor y empieza más tardíamente.

En el Araza se han estimado modelos matemáticos que estiman el Área Foliar y la Masa seca a fin de aproximar al análisis de crecimiento de esta especie bajo las condiciones de la región. Teniendo en cuenta el comportamiento de los parámetros estadísticos se ha seleccionado una ecuación, que representa el coeficiente de regresión (R^2) más alto con un valor de 0.86, un coeficiente de variación (CV) medio de 42.15, un cuadrado medio del error (Cme) de 42.12, y significancia en cada uno de los términos del modelo (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Modelo escogido para el área foliar del arazá.

MODELO SIN INTERCEPTO	R2	CV	Cme	A	B	A2	A3	B2	B3	AB
$Y=1.42^a+2.91B-0.14 AB$	0,86	42.15	42.12	*	*					*

Donde:

Y: área foliar

A: radio mayor (a) de la hoja .

B: radio menor (b) de la hoja

AB: Producto de los radios.

La mejor ecuación para estimar peso seco en Araza es la reportada en la tabla 2.2 debido a que presenta un nivel de significancia al 1%, el

coeficiente de regresión (R^2) reporto un valor de 0.988, un coeficiente de variación (CV) de 5.02, un cuadro medio de error (Cme) de 331.1, teniendo niveles de significancia en todos los términos existentes en el modelo.

Tabla 2.2. *Modelo escogido para el Peso Seco del arazá.*

MODELO CON NIVEL DE SIG. 0,1	R ²	CV	Cme	A	B	C	AB	AC	ABC	BC
$Y=73,032A+396,69B-756,66C-351,24AB+564,73AC+101,94BC$	0,988	5,02	331,1	*	*	*	*	*		*

Donde:

Y: Peso seco

A: Altura

B: Diámetro basal 0 cm.

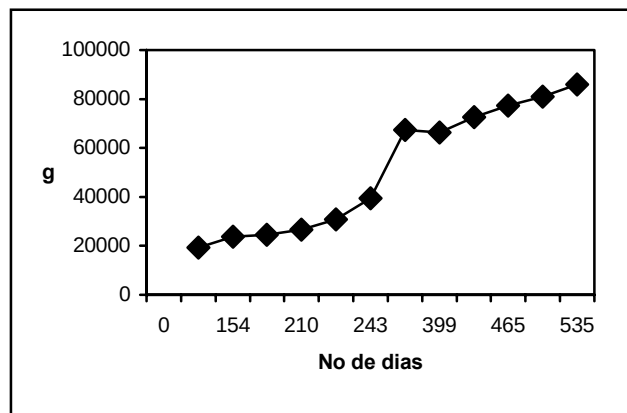
C. Diámetro basal 10 cm.

Acumulación de peso seco

Entre los días 120 y 243 después de siembra, se presenta el crecimiento exponencial de formación, el cuál se acelera entre los días 243 y 261 después de siembra apreciable por la rápida elongación del tallo y demás componentes de sostén, resultado de una gran acumulación de sintetizados, preparándose así para la etapa reproductiva. En el crecimiento temprano, cuando al altura y el diámetro del árbol aumentan rápidamente, es más eficiente la relación fotosíntesis-respiración, tornándose menos eficiente al incrementarse la edad de los árboles.

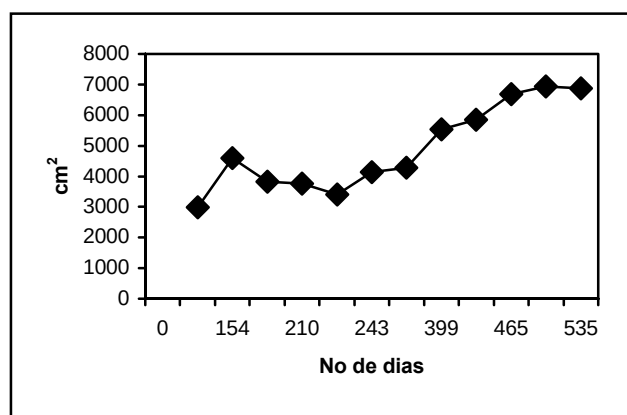
Entre los días 261 y 535 después de siembra sigue el crecimiento y/o acumulación de materia seca a un ritmo mas lento para llegar a la prefloración, finalizando su fase vegetativa. Algunos autores sugieren que para superar la etapa de juvenilidad, el árbol debe alcanzar cierto nivel de acumulación de materia seca, lo cual es regido genéticamente e influido por los factores del medio ambiente o por algunas técnicas de cultivo como al injertación, al anillado, el descortezado, la poda de raíces, entre otras (Soriano, 1996)

Figura 2.2. *Comportamiento del peso seco en araza a primera floración.*



Comportamiento del area foliar

Figura 2.3. *Comportamiento del área foliar en araza a primera floración.*

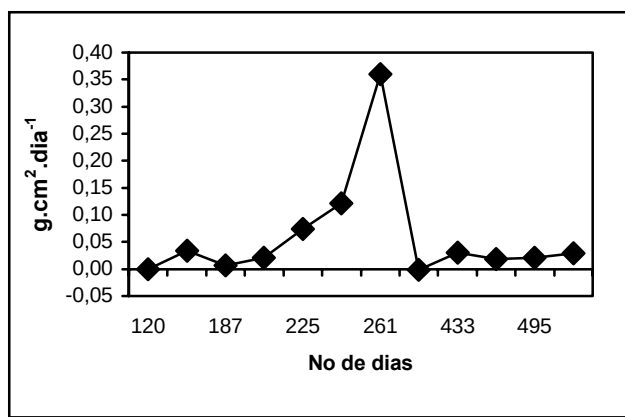


El área foliar se incrementa hasta el día 154 después de siembra, a partir de esta época decrece presentando un mínimo valor de expansión de área foliar de 3414.6 cm² a los 225 días después de siembra. A partir de este instante comienza a incrementarse nuevamente hasta alcanzar su máximo valor de expansión en fase vegetativa el día 495 después de siembra con un valor de 6928.8 cm², coincidiendo con el periodo en que la planta requiere acumular el máximo de fotosintetizados y así lograr una alta acumulación de materia seca

Comportamiento de la TAN.

La tasa de asimilación neta refleja la capacidad de la planta en incrementar su peso seco. La TAN en Araza aumenta en la primeras semanas hasta los 154 días después de siembra como reflejo del incremento del área foliar que busca aprovechar al máximo la radiación incidente. Hacia los 187 después de siembra se presentan un descenso ocasionado posiblemente por la merma del tejido fotosintético que reduce la capacidad asimilatoria de la planta. Seguido la TAN se incrementa hasta alcanzar su máximo valor hacia los 243 días después de siembra con un registro de $0.3602 \text{ mg/cm}^2/\text{día}$, momento en el cual se registra la más alta tasa de fotosíntesis que fue aprovechada por la planta para aumentar el tamaño de las estructuras (tallo, ramas y hojas). Este proceso fisiológico se vería reflejado en una alta traslocación de asimilados producidos para suplir las necesidades de la etapa reproductiva.

Figura 2.4. *Comportamiento de la TAN en araza a primera floración.*

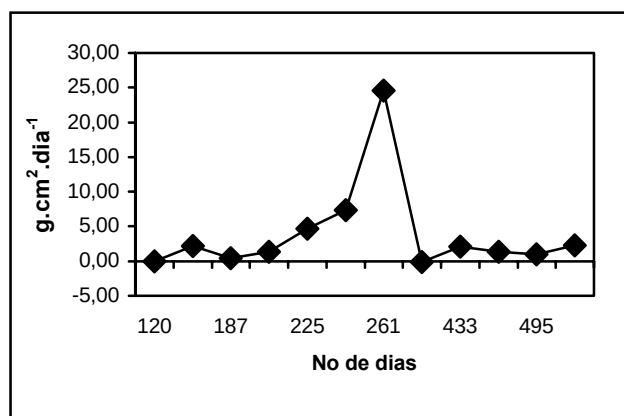


En árboles perennes tropicales como el araza, encontramos hojas en diferentes edades, ubicadas en distintas posiciones, que representan diferentes crecimientos o etapas de desarrollo, de tal forma que se observa un gradiente de desarrollo en la copa. Las hojas mas jóvenes normalmente se ubican a la periferia del árbol, creciendo a plena luz solar. Algunos meses después, ahora ya maduras, están sombreadas por otras mas jóvenes de crecimiento mas reciente, esto indica que la disponibili-

dad de luz para la fotosíntesis se estaría reduciendo en forma paralela al incremento en edad de las hojas o al incremento en crecimiento.

Comportamiento de la TCC

Figura 2.5. *Comportamiento de la TCC en araza a primera floración.*



La tasa de crecimiento del cultivo representa la capacidad fotosintética y/o productividad total de materia seca del cultivo. El índice muestra que la capacidad de acumulación de materia seca de la comunidad de plantas se da en aumento, con presencia de disminuciones debido seguramente al proceso de diferenciación que sufre la planta alistándose para la fase reproductiva, siendo su máximo valor registrado de 24.561 g.cm².día⁻¹ el día 261 después de siembra, coincidiendo con el momento donde se da la máxima expansión de área foliar y por consiguiente máxima acumulación de materia seca por el cultivo.

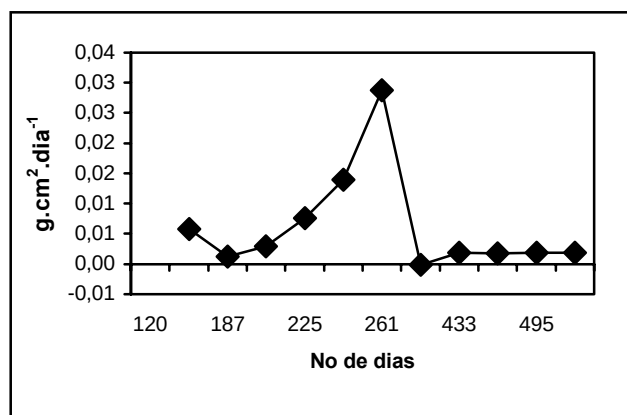
Comportamiento de la TCR

La tasa de crecimiento relativo representa la capacidad de la planta en producir material nuevo. Este comportamiento registró su máximo valor el día 261 después de siembra de 0.0288 g.día⁻¹, debido a que la producción de fotoasimilados de ese instante es aprovechada para la producción de material vegetal preparándose para el periodo reproductivo. Posteriormente desciende hacia los 399 días después de siembra, debido a que su producción se estabiliza hasta los 433 días cuando co-

mienza de nuevo la producción de fotoasimilados preparatoria al inicio de la fase reproductiva después de los 535 días después de siembra.

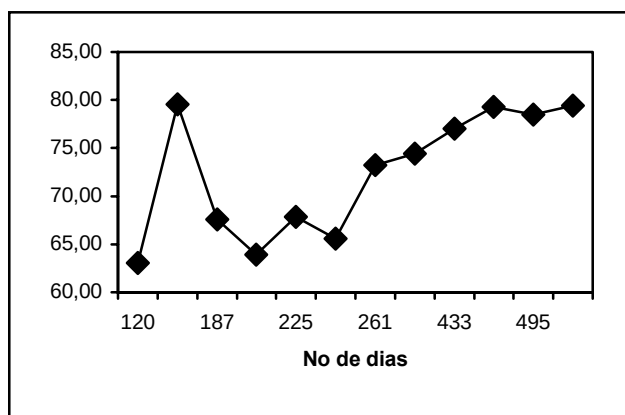
Si se comparan las variaciones observadas en la TCR con las registradas en la TAN y TCC se encontró que el comportamiento de las tasas es muy homogéneo debido a la dependencia que tienen con la fotosíntesis, la respiración, tamaño de la hoja y arquitectura de la planta. (Gardner *et al.*, 1985).

Figura 2.6. Comportamiento de la TCR en araza a primera floración.



Comportamiento del IAF

Figura 2.7. Comportamiento del IAF en araza a primera floración.

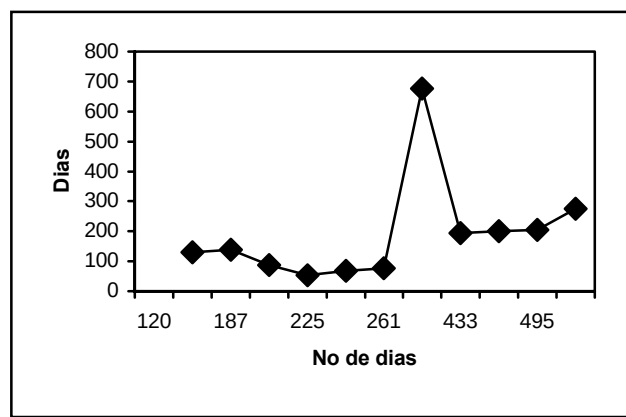


El índice de área foliar indica la relación de la superficie fotosintéticamente activa y el área del suelo ocupado por la planta. A partir de

los 120 días después de siembra se inicia un incremento gradual hasta los 154 días, alcanzando su máximo valor producto de la activa formación de las hojas basales característica de la arquitectura arbustiva de la planta. Hacia el día 187, se presenta un descenso, debido posiblemente al cambio morfológico del número y tipo de hojas, que se generan en las ramas laterales secundarias y terciarias que se suceden en este instante. Posteriormente el IAF aumenta sostenidamente como consecuencia de la fase preparatoria al inicio de la etapa reproductiva que requiere de un sistema fotosintético acorde a la alta productividad de la especie.

Comportamiento del la DAF

Figura 2.8. *Comportamiento de la DAF en araza a primera floración.*

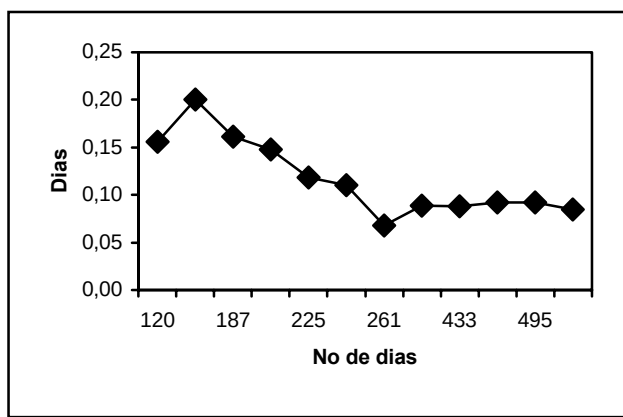


La duración de área foliar describe la extensión y duración de las hojas como órgano interceptor de la luz (Evans, 1972; Hunt, 1982). Se registran tres valores máximos, a los 154 días, a los 399 y a los 535 días antes de la floración. El primer valor corresponde al momento en que la planta se encuentra en pleno desarrollo vegetativo y las hojas se están expandiendo, el segundo se da producto de la alta asimilación y/o acumulación de materia seca para la formación de ramas y hojas preparatoria a la floración. Por último en los 535 días se incrementa debido a la necesidad de captación de fotosintetizados suficientes para suplir las necesidades de su fase reproductiva.

Comportamiento de la RAF

La relación de área foliar explica la variación de la superficie fotosintética en función de la materia seca total. Esta se utiliza para comparar los cambios de área foliar durante el crecimiento. Durante los primeros 154 días se experimenta un incremento en la relación área foliar/peso seco debido a la necesidad de una fuerte actividad fotosintética del cultivo en las primeras etapas de crecimiento y de gran importancia ya que el presentar la planta un mayor área foliar se tendrá una mayor acumulación de materia seca. Posteriormente desciende constantemente hasta los 261 días debido al mayor incremento de materia seca acumulada en tejidos de sostén como tallos y ramas que se refleja en la arquitectura característica de la planta. Seguido se presenta un incremento leve con tendencia estable hasta los 535 días como reflejo de un área foliar apropiada para el inicio de la fase reproductiva.

Figura 2.9. *Comportamiento de la RAF en araza a primera floración.*



2.2.3 Desarrollo reproductivo

2.2.3.1 La flor

La inflorescencia es una cima auxiliar simple de pedúnculo corto que presenta de uno a cinco botones florales, seis excepcionalmente

Foto 2.2. *Inflorescencia de Araza*



Las flores se encuentran tanto solitarias como agrupadas en racimos auxiliares de hasta cuatro unidades. Tienen cuatro sépalos verde amarillento, cuatro pétalos blancos y alrededor de 100 estambres libres, con una longitud promedio de 0.8 cm y anteras con dehiscencia lateral.

El ovario es inferior al receptáculo. Desde la aparición del botón floral hasta la completa apertura de la flor toma 19 a 21 días y si la flor no es fecundada cae a los 30 días; en este momento las flores alcanzan una longitud máxima promedio de 9.25 mm de largo y un diámetro promedio de 6.5 mm.

El 25% de las flores de plantas de 5 años producen frutos que llegan a madurar comercialmente, la relación existente entre el número de frutos maduros y las flores que se forman es altamente significativo a un nivel del 1%, lo que lo que indica, que por cada cuatro flores en antesis, un fruto cuaja, lo cual es importante para obtener una buena cosecha. Por lo tanto es importante destacar que existe una relación estrecha entre la edad de la planta y la periodicidad de la floración.

El tiempo transcurrido desde la apertura de la flor hasta cuando existe evidencia de polinización es de 1 mes aproximadamente, si la flor no ha sido polinizada se aprecia marchites progresiva de toda la estructura floral (pétalos, sépalos, anteras y estilo) y caída a partir del tercer día después de la apertura. Las horas más probables para la polinización de entomófilos está entre las 8 y las 10:30 A.M. Los polinizadores

identificados en condiciones del piedemonte amazónico son *Apis mellifera*, *Melipona* sp. y *Trigona* sp. (Ariza, 2000).

Biología Floral

El arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) es una planta monoica, es decir presenta los dos sexos en el mismo individuo.

Foto 2.3. Inflorescencia del arazá *Eugenia stipitata*. (Ariza, 2000)



Sus flores hermafroditas presentan un cáliz constituido por 4 sépalos libres de color verde claro que miden aproximadamente 0.4 cm. La corola esta formada por 4 pétalos de 1.18 cm de longitud de color crema. Los estambres son libres, numerosos (más de 100), con una longitud promedio de 0.8 cm. y anteras con dehiscencia lateral (Ariza, 2000). Esta flor se caracteriza por presentar estilos largos (aprox. 1.1 cm.) con respecto a sus estambres (0.68 mm), fenómeno conocido como longistilia. Esta característica morfológica favorece la polinización cruzada o alogamia por medio de una barrera física que restringe la autopolinización .

El desarrollo de la flor hermafrodita desde botón floral hasta la antesis corresponde a 29 días aproximadamente, momento en el cual alcanzan una longitud máxima promedio de 9.25 mm de largo y 6.5 mm de diámetro (Ariza, 2000).

Foto 2.4. *Desarrollo de la flor desde yema hasta antesis (Ariza, 2000)*



La apertura de la flor ocurre entre las 3:00 y 4:00 AM cuando el día que la precede ha sido soleado. Su apertura se adelanta si el día ha sido nublado y con bajas temperaturas, encontrándose botones que comienzan a abrir a las 12:30 AM. Aproximadamente media hora después de la apertura de la flor, el estigma se hace receptivo. La ántesis (apertura de las anteras) se evidencia entre 6:00 y 7:00 AM cuando comienzan a liberar polen, coincidiendo con la aparición de los primeros insectos visitantes (Ariza, 2000).

Cuando la flor ha sido fecundada, ocurren cambios morfológicos diversos: los pétalos toman una coloración café para luego caer, los sépalos se levantan y el ovario se expande. El tiempo transcurrido desde la apertura de la flor hasta cuando existe evidencia de polinización es de aproximadamente 1 mes. Si la flor no ha sido polinizada, se presentan cambios desde el tercer día después de su apertura, cuando se observa marchites progresiva de toda la estructura floral (pétalos, sépalos, anteras y estilo); es a partir de este momento cuando las flores no polinizadas comienzan a caer (Ariza, 2000).

Polinización

En la flor, ni sus características morfológicas, ni su hábito ni su hábitat surgieron por polinización por el viento o el agua. Se menciona por parte de Ariza (2000) visitas representativas en número y duración de la visita,

por parte de 3 familias de insectos pertenecientes al orden Hymenóptera; la mayor afluencia de visitantes se da entre 8:00 y 10:30 AM.

Tabla 2.3. *Insectos visitantes de **Eugenia stipitata** McVaugh*

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	TIEMPO DE DURACIÓN DE LA VISITA (min.)	MATERIAL RECOLECTADO
Hymenóptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	1 – 3	Polen
Hymenóptera	Apidae	<i>Trigona sp.</i>	1 – 3	Polen
Hymenóptera	Apidae	<i>Melipona sp.</i>	1 – 3	Polen

Fuente: Ariza, 2000

- 1 *Apis mellifera*:** De las abejas sociales, esta especie es la que presenta mayor interés por su importancia económica, ya que de ella se obtiene miel, cera, jalea real y polen, así como también otros productos y subproductos de uso farmacológico. (Carvajal 1995)
- 2 *Melipona sp.*:** Hace parte del grupo de las abejas sin aguijón, especie muy adaptable y de singular importancia entre los campesinos, debido a su gran adaptabilidad y servidumbre (Moreno 1982)
- 3 *Trigona sp.*:** Es la abeja mordedora de color negro, almacena y transporta gran cantidad de polen en sus patas que son muy desarrolladas y poseen setas o pelos numerosos o de gran tamaño (Moreno 1982).

La alta frecuencia de insectos visitantes durante el día, justifican la fecundación de un alto número de flores que sustentan la producción en esta especie, confirmándose un proceso de polinización entomófila.

2.3.2.2. El fruto

El fruto se distingue por ser una baya globosa-concava o esférica, algo deprimida, el epiarpio es delgado, presentan pubescencia fina y color verde claro que se torna amarillento en la madurez; la pulpa (mesocarpio) es espesa, jugosa, entre amarillo y naranja, aromática y agrídulce; y la cavidad interior del fruto esta ocupada por un número de 12 a 16

semillas de 1-2.5 cm de longitud (Ariza, 2000; Ferreira y Gentil, 1999; Rodríguez, 1990)

Foto 2.5. *Variaciones morfológicas de frutos de araza*



El peso promedio de los frutos es de 200 g y en algunos casos se reportan de 500 g correspondiendo a la pulpa el 71% de peso del fruto la maduración se da entre los 70 y 80 días después del inicio de la floración.

Actualmente en los sistemas productivos de la región se distinguen frutos de dos ecotipos, uno de origen peruano y otro de origen brasilero. El arazá ecotipo peruano posee una forma aperada y sus características organolépticas resultan más atractivas al consumidor; sin embargo el fruto más pequeño y el número de semillas es mayor aunque de menor tamaño.

El exocarpo del fruto es liso o aterciopelado; el mesocarpo posee un número variable de semillas (8 a 10), de forma achatada y oblonga las cuales miden aproximadamente 2X1 cm, encontrándose en algunos frutos semillas de mayor tamaño 3.1 X 2.1 cm, con un peso promedio de 5 gramos por cada semilla.

En trabajos realizados en el Brasil se encontró que el peso promedio de la cáscara del fruto es de 12.3 g, de la pulpa 110 g y de las se-

millas de 37.2 g; en Perú de 87 frutos se extrajeron 1.060 semillas, lo cual significa un promedio de 13.4 semillas por fruto. En Colombia entre el 72-78% del peso del fruto lo constituye la pulpa, del 17 al 22% la semillas y del 4 al 6% la corteza. Se observa que la variedad de los parámetros morfológicos de los frutos de arazá, es amplia, en donde se evidencia gran diversidad en el rango de tamaño, encontrándose que la característica más heterogénea es la cantidad de semillas por fruto.

Se observa que el peso de la pulpa, característica importante a nivel agroindustrial, oscila entre 75 y 125 g del peso del fruto, con ello se muestra que es una fruta con buena aceptación para el procesamiento. Los frutos se producen durante todo el año, con cosecha con cosecha de importancia cada dos meses.

Los frutos maduros de araza tienen alta variabilidad con relación a sus dimensiones, resultado de las condiciones ambientales y de manejo, el acervo genético y el carácter silvestre de la especie. Estos varían según el ecotipo desde las formas redondeadas con peso promedio de 65 a 114 g a las formas orbiculares esféricas con pesos promedio entre 84 a 176 g.

El corte transversal del fruto muestra la disposición de los tejidos. El tejido predominante en el fruto de araza es un parénquima de células pequeñas de paredes gruesas y bien definidas. El epicarpio se caracteriza por ser uniestratificado y pubescente. La cutícula presenta una delgada capa cérea, la cual es discontinua. En la zona subepidérmica se identifican canales secretores característicos de la familia *Myrtaceae*. Se identifican numerosos haces vasculares.

El análisis preliminar de la anatomía del fruto permite establecer que el arazá no posee tejido de sostén, no se evidencia ni esclerenquima, ni colenquima, lo cual contribuye a la disminución de la firmeza del mesocarpio del fruto. Esta condición unida a los mecanismos de degradación de la pared celular y lamina media y pérdida de turgor, constituyen la principal razón del ablandamiento del fruto durante la maduración.

Foto 2.6. *Estructura interior de araza*



Desarrollo del fruto de araza

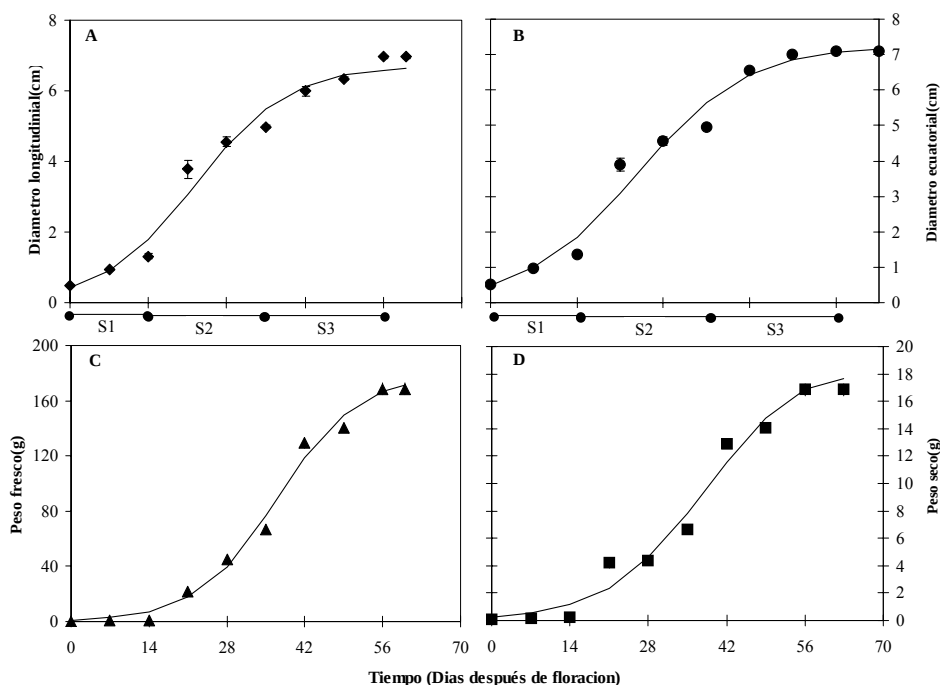
El fruto de arazá alcanza su madurez de consumo a los 62 días contados a partir del momento del cuajamiento en condiciones de Amazonia colombiana, aunque el período se puede extender hasta un 25% mas en el tiempo, es decir hasta 82 días en condiciones climatológicas de mayor pluviosidad y de régimen de lluvias unimodal como son las de la Orinoquia colombiana (Galvis y Hernández, 1993).

Foto 2.7. *Desarrollo del fruto de Araza*



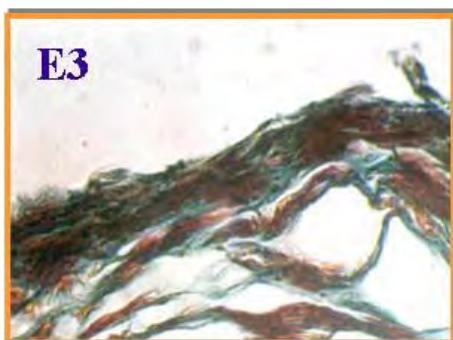
El fruto presenta una cinética sigmoidea de crecimiento, en la cual se pueden identificar 3 etapas, Etapa 1 de rápido crecimiento hasta los 21 días después del cuajamiento (Fig. 2.10), con aumento en diámetros tanto longitudinal como ecuatorial (DL) y (DE), caracterizado por el proceso de división celular, propio del inicio del crecimiento. El peso fresco (PF) y seco (PS) presentan un incremento menor en dicha etapa. En el inicio del desarrollo del fruto, el tejido parenquimático está caracterizado por células pequeñas de paredes gruesas y bien definidas. El epicarpo se caracteriza por ser uniestratificado y pubescente. La cutícula presenta una delgada capa cerosa, la cual es discontinua. En la zona subepidérmica se identifican canales secretores característicos de la familia *Myrtaceae*. Se evidencia el aumento de capas de células en el mesocarpo, coincidiendo con el aumento de tamaño en el fruto y el incremento de haces vasculares.

Figura 2.10. Curva de crecimiento del fruto de arazá con base en los Diámetros Longitudinal (DL) (A), ecuatorial (DT) (B) peso fresco (pf) (C) y peso seco (ps) (D) durante el desarrollo del fruto de Arazá. Línea continua representan el modelo.



La etapa 2 del desarrollo del fruto se extiende hasta el día 40 en la cual predomina el crecimiento en PF y PS como resultado de la elongación celular y de la acumulación de sintetizados de reserva. Durante esta etapa se recubren los esbozos seminales por un tejido fuertemente esclerificado, de apariencia áspera y de color café, que es el encargado de proteger al embrión de la semilla. Las células del mesocarpo se agrandan y llenan, en algunas el compuesto predominante son taninos, responsables de la astringencia de la fruta. Las paredes celulares se adelgazan levemente y su forma se torna más redondeada. En la subepidermis se presenta la mayor división celular, de tipo anticlinal, que permite la expansión del tejido, manteniendo su carácter monoestratificada o uniestratificado.

Foto 2.8. *Histología del desarrollo del fruto de arazá. Etapa 1(A) Etapa 2(B) Etapa 3(C)*



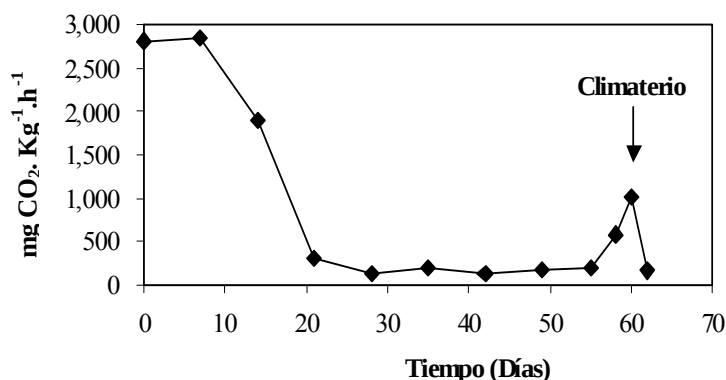
Los siguientes 15 días constituyen la etapa 3 del desarrollo del fruto; el diámetro ecuatorial alcanza 7.1 cm, mientras que el diámetro longitudinal final es 6.9 cm por lo que el fruto presenta forma globosa, un poco achatada en los polos. Las semillas recubiertas de su testa característica alcanzan su tamaño definitivo y se evidencian llenas de almidón, de acuerdo con la tinción que adquieren en cortes histológicos. Por su parte, el tejido del mesocarpo presenta células de paredes delgadas. Al final de esta etapa, se encuentran células plasmolizadas, propias de un tejido en el inicio de la sobremadurez. La subepidermis presenta células agrandadas y la pectina de la lamina media de la pared se libera con lo cual la pared se debilita, simultáneamente, los canales oleíferos se deterioran.

Durante el desarrollo del fruto se evidencia ausencia de tejido de sostén, no hay ni esclerenquima, ni colenquima, lo cual contribuye a la disminución de textura y que junto a la liberación de la pectina de la pared celular constituyen la principal razón del ablandamiento del fruto durante la maduración, además del bajo contenido de materia seca que reportan Rogez *et al.*, (2004).

Comportamiento fisiológico del fruto de arazá

Durante su desarrollo el fruto de arazá presenta una alta actividad respiratoria. Durante la etapa I de su desarrollo los valores son de 3000 mg CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹, lo que coincide con el período de máxima división celular. En la etapa 2 del desarrollo la respiración disminuye hasta el mínimo respiratorio, el cual coincide con el final del crecimiento del fruto (figura 2.11)

Figura 2.11. *Actividad respiratoria durante el desarrollo del fruto de Arazá*



Cambios en parámetros químicos en el fruto durante su desarrollo.

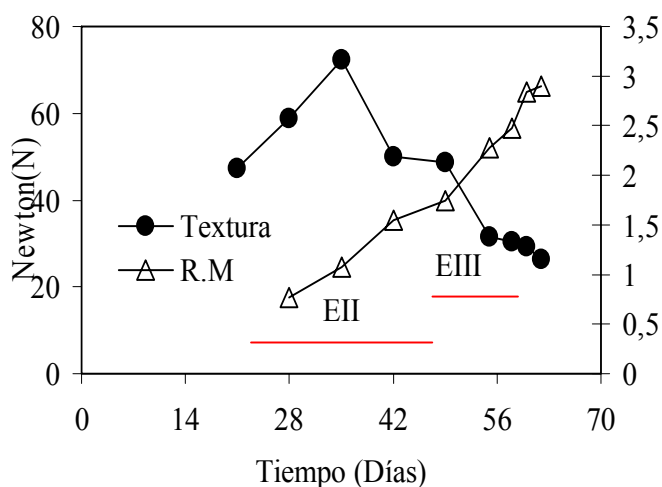
Firmeza

La firmeza del fruto (Fig 2.12) se incrementa durante la etapa 2 del desarrollo y encuentra su máximo en el día 35 con 72 N, comportamiento que se asocia con la síntesis de protopectinas.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles presentan un aumento moderado durante las etapas 2 y 3 del desarrollo del fruto. Sus valores aumentan entre el 2% y el 5% en el momento de sazón del fruto.

Figura 2.12. Variación de la firmeza y la relación de madurez en el fruto de arazá durante su desarrollo



Color

El color de los frutos se mide en la actualidad como un tri estímulo que involucra el ángulo Hue que corresponde la variación entre el verde y el amarillo (para el caso del araza), el rojo y el púrpura (caso de las uvas) y el blanco y el negro; el croma que evalúa la saturación del color y la luminosidad, que establece que tan luminosos son los frutos. El color del fruto de araza es verde durante su desarrollo con valores de ángulo Hue $H=106-108^\circ$, Croma $C= 32-37$ y Luminosidad $L= 52-54$ en la Etapa

1 y parte de la Etapa 2. Al final de la Etapa 2, la tonalidad del color varía a verde mate con valores $H = 95-99^\circ$ $C = 42-44$ y $L = 58-60$.

El color resultó un importante indicador del momento oportuno de cosecha, ya que el fruto de arazá durante las dos primeras etapas de desarrollo presenta una coloración verde brillante, que se mantiene hasta bien adelante la Etapa 2, para dar paso a una tonalidad verde clara, mate, al final de la Etapa 2, e inicio de la Etapa 3.

Foto 2.9. *Fruto en estado óptimo de recolección*



2.2.3.3. La semilla

El número de semillas es de 3 a 22, ocupando la cavidad interior del fruto de 1 a 6 cm de diámetro. Son monoembriónicas, exalbuminosas, reniformes u oblongas, levemente comprimidas lateralmente (Foto 2.10), con un ancho de 0.3-1.5 cm, largo de 0.3-2.5 cm y peso de 0.1-4.3 gr; el tegumento es delgado, coriáceo, maleable, permeable y absorbente, su coloración externa es marrón-obscura; los cotiledones están parcialmente fusionados lateralmente, constituye un embrión pseudo-monocotiledonar; el embrión, sin eje diferenciado, presenta una zona meristemática, a partir de la cual se desarrollará la raíz primaria y el

epicótilo (McVaugh, 1956; 1958; Cavalcante, 1979; Chávez & Clement, 1984; Ferreira, 1992; Villachica *et al.*, 1996; Anjos, 1998).

Foto 2.10. *Semillas de araza*



En trabajos desarrollados por Casas, (1998) se menciona que bajo condiciones de Amazonia Occidental algunos ecotipos de Arazá alcanzan valores de 85% de germinación a los 116 días después de siembra. Ecotipos de semillas grandes alcanzan mejores valores de germinación a los 114 días, mientras que ecotipos de semillas pequeñas registran valores bajos de germinación en el mismo período. Pinedo *et al.*, (1981) menciona que la germinación de araza se inicia a los 35 días y el máximo porcentaje de germinación alcanzado es de 62% a los 112 días.

2.3. Aspectos agronomicos y de precosecha que inciden en la calidad de los fruto.

2.3.3. Propagación y manejo en el vivero

La propagación del arazá se hace normalmente por medio de semillas. A pesar de ello, existen algunas experiencias que demuestran la posibilidad de la propagación asexual (Picón, 1985; Flores, 1997). Debido a la ausencia de material mejorado, el arazá debe ser propagado a partir de plantas matrices seleccionadas tomando en cuenta las características mas sobresalientes del árbol como son: precocidad, forma y tamaños de frutos, productividad y aspectos sanitario general.

Propagación por semillas

Los frutos destinados a la extracción de semillas deben estar maduros, lo que se verifica con el color amarillo y uniforme de la cáscara, ya que es el estado en que las semillas presentan el mayor poder germinativo (Picón, 1989; Villachica *et al.*, 1996). Después de la cosecha manual de los frutos, las semillas pueden ser extraídas inmediatamente o mantenidas en el propio fruto, a medio ambiente por cinco días sin que pierdan su poder germinativo (Pinedo *et al.*, 1981). Su extracción puede ser manual o mecánica en casos de grandes cantidades y por medio de la despulpadora. La limpieza se realiza por medio de fricción manual con aserrín tamizado y luego deben ser lavadas bajo agua corriente con presión sobre el tamiz (Ferreira y Gentil, 2000).

Las semillas de arazá presentan un grado elevado de humedad, por ello, es recomendable realizar un secado parcial a la sombra, sobre papel absorbente, por un periodo máximo de 24 horas (Pinedo *et al.*, 1981).

Almacenamiento de las semillas:

Las semillas de arazá se clasifican dentro del grupo de las llamadas semillas recalcitrantes, o sea, pierden rápidamente la viabilidad si el contenido de agua decrece en pequeñas cantidades (Pinedo *et al.*, 1981; Picón, 1989; Ferreira & Gentil, 1999). Debido a ello la conservación del poder germinativo de las semillas, a ejemplo de otras especies de este mismo grupo, se torna difícil, aunque sea por pequeños periodos.

El fruto del arazá, una vez cosechado, puede ser guardado por hasta cinco días, bajo condiciones de medio ambiente, sin que las semillas pierdan su poder germinativo. A partir de las 24 horas de extraídas, las semillas comienzan a perder su viabilidad, reduciendo a un 70% su poder germinativo después de un periodo de cinco días (Pinedo *et al.*, 1981).

Siembra y vivero

En Colombia es común colocar las semillas en un germinador con sustrato húmedo lo que proporciona una germinación más rápida (Chávez & Clement, 1984; Picón, 1989; Quevedo, 1995). Posterior-

mente se hace el almacigado que consiste en manejar las plántulas del semillero en bolsas plásticas. Esto puede hacerse 2-3 meses después de la germinación o cuando las plántulas presentan 7-10 cm de altura de 6-10 hojas. Las plántulas permanecen en el vivero por 6-9 meses, cuando tienen una altura de más o menos 25 cm, o hasta 12 meses, alcanzando los 35-50 cm. (Pinedo *et al.*, 1981; Chávez & Clement, 1984; Quevedo, 1995).

El control ambiental del vivero consiste en controlar la luminosidad. En la fase de germinación y desarrollo de las plántulas de los almácigos, el sombreado debe ser de 50-75%; mientras que la fase de aclimatación, antes del trasplante debe ser de 15-25% (Pinedo *et al.*, 1981; Chávez & Clement, 1984).

Los principales cuidados en el vivero son el riego, el control de malezas y el control de plagas y enfermedades. La irrigación debe realizarse diariamente en las horas de la mañana y/o al final de la tarde, de acuerdo a las condiciones climáticas locales. La eliminación de las malezas es manual, debe efectuarse periódicamente en las bolsas de los almácigos y en los corredores del vivero. Se deben realizar inspecciones periódicas para observar presencia de plagas y enfermedades, tomando las providencias del caso cuando sea necesario a fin de evitar que el problema se agrave.

Preparación del terreno y trasplante

Antes del trasplante a campo, es necesario realizar las siguientes actividades:

1. Preparación del terreno: Consiste en la limpieza del área con antelación y escogiendo terrenos preferiblemente planos o con poco declive, con suelos profundos y bien drenados.
2. Marcación de los hoyos: Esta se efectúa conforme al espaciamiento escogido.
3. Preparación de los hoyos: Sus dimensiones (ancho, largo y profundidad) pueden variar de 30 a 50 cm, mientras más grandes sean, ofrecerán mejores condiciones para que las plantas se establezcan en el campo.

Foto 2.11. *Plantulas en vivero de araza*



Cuando los arbolitos de arazá alcanzan entre 25 a 50 cm de altura, dentro de 6 meses a un año después del transplante, están listos para su traslado al lugar definitivo (Picón, 1989). Las plantas de menor tamaño o edad deben evitarse pues tienen dificultad para establecerse y encarecen los costos de manutención (Pinedo *et al.*, 1981).

Densidad de la plantación en la región.

El espaciamiento adecuado de cualquier especie depende, entre otros factores, del tamaño y arquitectura de la planta, así como de la fertilidad del suelo en donde ésta se establecerá. En general, en suelos más pobres se pueden adoptar espaciamientos menores, en cuanto que en suelos de buena fertilidad, en donde hay un mayor desarrollo vegetativo, las plantas requieren de un mayor distanciamiento a fin de expresar mejor todo su potencial reproductivo. El Arazá se maneja en sistemas agroforestales definidos estos como sistemas de uso del suelo donde podemos asociar árboles de diferentes especies con cultivos bajo un mismo espacio.

Esta característica hace que los eventos que ocurren durante el crecimiento de una planta bajo estas condiciones tendrán una marcada influencia en su producción final. A través del tiempo se ha conocido que las plantas que ocupan hábitats sombreados son incapaces de mostrar altas tasas fotosintéticas, sin embargo trabajan eficientemente a bajas intensidades de luz. Muchos estudios alusivos al sombreado muestran la importancia de la radiación incidente en la producción de masa seca (Early, 1966). Sin embargo y de acuerdo con Shilbes y Weber, 1965 las plantas con mayor área foliar, arquitectura adecuada y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente. Kanten y Beer, 2005, evaluando el crecimiento de Araza bajo sombra de dos especies maderables encontraron un aparente mejor desarrollo de las plantas a menor intensidad de sombra y mayor producción de frutos. En Colombia se han propuesto diversos asociados para combinar Araza con diferentes especies sin que hasta ahora se halla propugnado por un diseño en particular. En Caquetá- Colombia, la mayor parte del área sembrada se halla dispuesta en asocio con Caucho (*Hevea brasiliensis*) y Nogal (*Cordia alliodora*) en una densidad de 312 árboles.Ha⁻¹ de araza aproximadamente.

Foto 2.12. Araza en arreglo agroforestal de 8 meses de edad.



2.4 Manejo de la plantación

No obstante que el arazá es una especie de cierta rusticidad, adaptada a las condiciones adversas del trópico húmedo, responde favorablemente a todos y cualquier tratamiento en el campo, como acontece con diversas especies frutales. El arazá a pesar de la poca información disponible sobre el manejo más adecuado de la especie, es posible elevar significativamente su producción atendiendo algunas recomendaciones básicas reportadas por la literatura:

Fertilización

En principio, la fertilización del Arazá se debe formular en base a los requerimientos de las especies y la disponibilidad de nutrientes del suelo donde se establecerá. Una vez que se conocen los elementos minerales importantes y la proporción de ellos para cada especie, se procede al análisis del suelo a fin de identificar la deficiencia en nutrientes, para adicionarlos. Esta sería la manera más recomendable para proceder, sin embargo, como sucede con muchas frutas nativas de la Amazonia, no se conocen muy bien las necesidades nutricionales del arazá.

Debido a que la fertilización del arazá se ha desarrollado de forma empírica, la fertilización orgánica (estiércol), ha contribuido a elevar la producción, además de posibilitar una mejor estructura del suelo y/o una recomposición de la fauna del mismo. Pinedo *et al.*, (1981) recomienda la fertilización del arazá a base de estiércol de gallina: en el primer año, sugiere la aplicación de 1 Kg/planta cada tres meses; en el segundo año, 2 kg /planta cada tres meses y así sucesivamente, aumentando un kg cada año.

Alfaia *et al.* (1988), en Manaus (Brasil), estudiaron el efecto de la fertilización química realizada en cobertura después del primer año de la plantación, en la producción de frutos y desarrollo vegetativo de arazá en un Latosuelo Amarillo de textura media. Ellos comprobaron que a partir del cuarto año de la plantación, la fertilización mineral pasa a influenciar positivamente, suponiendo que la falta de respuesta en los años anteriores se debió al efecto residual del estiércol de corral aplicado en el hoyo (10 kg). Además, obtuvieron mejores resultados en las parce-

las que recibieron mayores dosis de fósforo (60-180- 120 g de N₂, P₂O₅ y K₂O/planta), sugiriendo que entre los nutrientes estudiados es probable que el fósforo sea el principal elemento responsable del aumento en la productividad. Picón (1989), plantea una sugerencia, afirmando duplicar el rendimiento de la planta con una dosis de 800 g de urea, 600 g de superfosfato triple y 300 g de cloruro de potasio por planta/año.

Tabla 2.4. *Rendimiento de frutos de araza en función del abono químico y orgánico.*

TRATAMIENTOS	PROD. FRUTOS DE ARAZA (t/ ha / año)
* Testigo (sin abono)	26,7 a
* 250 g urea cada 3 meses	33,1 a
* 250 g urea cada 3 meses + 300g superfosfato triple cada 6 meses	31,3 a
*500g urea cada 3 meses	24,9 a
*500g urea cada 3 meses + 300g superfosfato triple cada 6 meses	57,7 b
8 Kg. de estiércol de gallina cada 3 meses	50,2 b
12 Kg. de estiércol de gallina cada 3 meses	54,2 b
16 Kg. de estiércol de gallina cada 3 meses	60,7 b

Fuente: Adaptada del INIPA, 1986.

La fertilización foliar es también una práctica que proporciona buenos resultados en arazá, probada principalmente durante la etapa de vivero (INIPA, 1986; Quevedo, 1995). La fertilización foliar (30-7-6) durante la etapa de vivero, se inicia a los 30 días del trasplante de la plántula, con repeticiones cada 15 días, hasta los 9 meses de edad. El autor menciona resultados positivos referente a la aplicación en plantas, con 4 años de edad, de 50 g de la misma formulación mencionada anteriormente, diluida en 20 litros de agua, cada 20 días durante 2 meses.

Limpieza del área

La operación de limpieza de maleza del área consiste en las prácticas de rozado y coronamiento, que significa el corte del matorral de toda el área y limpia alrededor de las plantas, respectivamente. En el primer año en el campo, se recomienda una limpieza mensual, colocando el

matorral cortado alrededor de las plantas, principalmente durante el periodo de menor precipitación. Del segundo año en adelante, las limpiezas pueden tener un intervalo de 2-3 meses (Quevedo, 1995).

El uso de leguminosas como cobertura del suelo ayuda a disminuir el número de limpiezas, necesitando muchas veces sólo la práctica del coronamiento alrededor de las plantas (Picón, 1989).

Podas

La poda esta considerada como un conjunto de intervenciones para orientar la actividad vegetativa de la planta hacia el fin preelegido. Cuando se pretende obtener un mayor éxito con el cultivo del arazá, la poda asume un papel importante en esta especie. El arazá incluso en condiciones no muy favorables del suelo, es una planta muy vigorosa, tolerando cualquier tipo de poda (Calzada, 1980; Pinedo *et al.*, 1981; Quevedo, 1995) y regenerando su crecimiento muy rápidamente.

No existen estudios que soporten la poda a realizar en árboles de Arazá. En esta especie la formación de nuevos brotes en la base, sin ser suprimidos por las ramas largas ya formadas le imprime un patrón basitono en el cual la ramificación de estas ramas normalmente ocurre acrotónicamente, por lo que la práctica de poda sugerida puede ser dividida en:

- Poda de formación y conformación de la planta.
- Poda fitosanitaria y de limpieza
- Poda renovadora.

La poda de formación puede ser practicada eliminándose las ramas inferiores de las plantas durante el desarrollo en el campo, evitando con esto que los frutos se desarrollen en el suelo. Cuando los árboles alcanzan los 3 metros de altura, se realiza un descope a fin de reducir el tamaño de la copa para facilitar la cosecha manual. Esta practica hace que la copa presente una disposición foliar característica que garantiza un uso optimo de la luz incidente por una mayor cantidad de área foliar.

Las podas fitosanitarias y de limpieza, es recomendable que se realice cada por lo menos una vez al año, tratando de eliminar las ramas secas o enfermas. La poda renovadora se utiliza cuando las condiciones fisiológicas de los árboles lo requieran.

Plagas, enfermedades y daños fisiológicos presentes en Colombia

Plagas

La plaga de mayor importancia y/o incidencia en el fruto de arazá, es la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* (Diptera, Tephritidae) debido a que su daño es el más frecuente y perjudica bastante la calidad del fruto (Picón, 1989; Quevedo, 1995) Foto

El daño en el fruto lo realizan las larvas de la mosca que tienen como sustrato de alimentación la pulpa de arazá, afectando frutos desde su maduración de color verde claro (Tai Chum, 1995). En Colombia el complejo moscas *Anastrepha* spp es común en varios tipos de frutas, lo que limita su potencial comercial. Olarte, (1987) menciona que de los distintos métodos de control utilizados en los diferentes países se destacan: el empleo de control biológico en forma exclusiva, el uso de insecticidas en aspersión, cebos tóxicos asperjables, barreras físicas (embolsado de frutos) y la fumigación de frutos, este ultimo con fines cuarentenarios.

El manejo sugerido para mosca de la fruta en Araza; ante la falta de estudios en el tema, consiste en la implementación de trampas Mcphail cebadas con proteína hidrolizada de soya, las cuales se revisan cada 10 días. Es aconsejable acompañar el monitoreo de liberaciones de cada 30 días de parasitoides y supresión semanal de parte de los frutos caídos en el suelo de la plantación. Un estudio importante que se debe adelantar tiene que ver con el parasitismo natural de la región y la selección del complejo de parasitoides de mayor eficiencia algunos de los cuales se presentan en la tabla 4

Tabla 2.5. *Enemigos naturales de la mosca de las frutas (Diptera: Tephritidae).*

Especie	Orden y Familia
<i>Biosteres longicautus</i>	Hym. Braconidae
<i>Trybliographa daci</i>	Hym. Cynipidae
<i>Opius concolor</i>	Hym. Braconidae
<i>Pachycrepoieus vindemiae</i>	Hym. Pteromalidae
<i>Dirhinus giffardii</i>	Hym. Chalcididae
<i>Biosteres tryoni</i>	Hym. Braconidae
<i>Trichopria</i> sp	Hym. Diapriidae
<i>Aceratoneuromyia indicum</i>	Hym. Eulophidae

Fuente: Olarte, 1987

Dentro de las plagas secundarias reportadas se encuentran:

Atractomerus immigrans. (Coleoptera, Curculionidae): Este insecto, llamado picudo de las semillas (Villachica *et al.*, 1996), las larvas se alimentan de las semillas destruyéndolas parcial o totalmente, desvalorizando su calidad. Los daños son mucho más importantes cuando se trata de árboles productores de semillas para multiplicación.

El único medio de control que se aconseja es la eliminación de los frutos infectados. Se debe evitar el transporte de frutos atacados de una plantación a otra. (Couturier *et al.*, 1994 y 1996).

Conotrachelus eugeniae (Coleoptera, Cucurlionidae), Los adultos llamados picudos del fruto (Villachica *et al.*, 1996), las larvas atacan la parte superficial de las semillas y se alimentan de la pulpa, provocando paralización del crecimiento o crecimiento anormal y una maduración prematura, perjudicando así su valor comercial.

Plectrophoroides impressicollis (Coleoptera, Cucurlionidae) Llamado gorgojo de las hojas (Villachica *et al.*, 1996), Destruyen los brotes, las hojas tiernas y las flores. En caso de infestación, las extremidades de las ramas deben ser podadas y con esto, los insectos desaparecen.

Ecthoena quadricornis (Coleoptera, cerambycidae) Los daños causados por esta plaga se deben a los cortes de las ramas en producción, realizados por las hembras. El daño localizado en la parte cortada, no afecta a las otras partes de la planta.

El único método simple de control es la recolección y destrucción de las ramas cortadas que se encuentran en el suelo a fin de limitar la reinfestación. (Courtier *et al.*, 1994 y 1996).

Trigona branneri (Hymenoptera, Apidae) Es una abeja negra sin aguijón. Las abejas se comen la cáscara, la pulpa, a veces, las semillas de los frutos.

Cuando la población es muy grande, la mayor parte de los frutos de una determinada área puede ser dañada y no servir para la comercialización. El único método eficaz de control es la destrucción del nido (Cuortier *et al.*, 1994-1996).

Enfermedades

La enfermedad más importante que afecta el arazá es Antracnosis causada por *Gloesporium spp* (Hernández *et al.*, 2000) ocasionando necrosis en la superficie de los frutos. Este organismo puede afectar desde frutos inmaduros y los síntomas sólo pueden hacerse visible después de la cosecha, durante el almacenamiento. (Tai Chum, 1995). Este patógeno debilita la zona afectada al grado de convertirse en punto de entrada a otros patógenos.

Otro patógeno identificado en araza es *Cylindrocladium scoparium* cuyas lesiones se inician como pequeñas manchas café que luego pueden alcanzar hasta 0.3 cm del mesocaropio del fruto (Núñez *et al.*, 1995). Dentro de las enfermedades secundarias reportadas se encuentran roya causada por *Uromyces sp*, y roña causada por *Sphaceloma sp*, esta última asociada con la presencia de ácaros (Tai Chum, 1995).

Daños fisiológicos

Además del ataque de plagas y enfermedades se han observado en arazá algunos daños fisiológicos como:

- Insolación del fruto, asociada a la libre exposición de la superficie del fruto a la radiación solar.
- Caída del fruto, asociada al cambio brusco de temperaturas, mayores de 9°C (Quevedo, 1995).

Producción

La planta de arazá inicia la producción de frutos después del segundo año de establecida en campo y a partir de este momento el rendimiento aumenta gradualmente; la producción comercial se alcanza entre el quinto y duodécimo año y el cultivo se considera rentable a partir del sexto año. Esta especie produce a lo largo de todo el año, encontrándose cosechas relativamente mayores cada dos o tres meses. Dependiendo de la edad y de las condiciones ambientales y de manejo, se han estimado rendimientos entre 2.5 y 60 ton.ha⁻¹.año⁻¹ (Ferreira y Gentil, 2000).

En la amazonia Occidental el calendario de producción se distribuye tal y como se muestra en la tabla 5. El 60% de la cosecha se concentra en

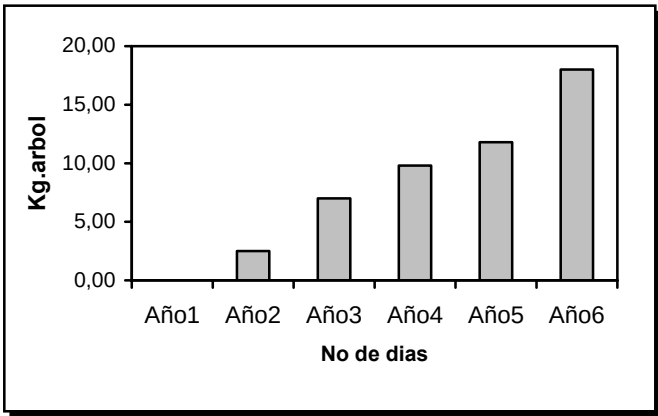
2 meses del primer semestre del año y se reportan dos cosecha de travesía en los meses de Julio-agosto y Noviembre-Diciembre. El potencial productivo de la planta para las condiciones del occidente de la Amazonia Colombiana se presenta en la figura 2.13.

Tabla 2.6. *Periodos y porcentajes de cosecha de Araza en Amazonia Occidental Colombiana*

Meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Periodo			x	x	x		x	x		x	x	
(%)			20	20	20		10	10		10	10	

Fuente: Gutierrez et al., 2005

Figura 2.13. *Producción biológica estimada Araza Eugenia stipitata (kilo/árbol/año). (Adaptado de Gutierrez et al., 2005)*



Literatura citada

1. Alfaia, S. S.; Chávez F., W. B.; Ferreira, S. A. N.; Clement, C. R. 1988 a.. Efeito do espaçamento e adubação mineral no araçá-boi. I. Produção de frutos. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 9., Campinas, 1987. Anais... Campinas, SBF. p.119-123.
2. Anjos, A. M. G. 1998. Morfologia e fisiologia da germinação de sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia* McVaugh - Myrtaceae), uma frutífera nativa da Amazônia Ocidental. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. 78p. (Dissertação Mestrado)
3. Arévalo, L. A.; Szott, L. T.; Pérez, J. M. 1993. El pijuayo como componente de un sistema agroforestal. In: Mora Urpí, J.; Szott, L. T.; Murillo, M.; Patiño, V. M. (ed.) Congreso Internacional sobre biología, agronomía e industrialización del pijuayo, 4, 1991, Iquitos, Peru. Anais... San José, C. R., Editorial de la Universidad de Costa Rica. p.267-285.
4. Ariza, A. 2000. Biología floral y caracterización morfológica de 6 ecotipos de arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh) en el departamento del Caquetá Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Tesis (Pregrado). Bogotá. 49 p. .
5. Bermeo, L.M. 2002. Análisis de Crecimiento del Araza (*Eugenia stipitata* McVaugh) a primera floración. Tesis Ing. Agroecologica. Universidad de la Amazonia-INSTITUTO SINCHI. Florencia. Caquetá. 65 p.
6. Cavalcante P. B. 1979. Frutas comestíveis da amazonia III, Belen Inpa. Museo Paraense Emilio Goeldi, p 61.
7. Cavalcante, P. B. 1991. Frutas comestíveis da Amazônia. 5 a .ed. Belém, CEJUP/CNPq/MPEG. 279p.
8. Chávez F., W. B.; Clement, C. R. 1984. Considerações sobre o araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh, Myrtaceae) na Amazônia Brasileira. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 7, 1983, Florianópolis. Anais... Florianópolis, SBF/EMPASC. p.167-177.

9. Couturier, G.; Tanchiva F, E.; Cárdenas M., R.; Gonzales T., J.; Inga S., H. 1994. Los insectos plaga del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.) y del araza (*Eugenia stipitata* McVaugh): identificación y control. Lima, Peru, INIA. 28p. (Informe Técnico, 26)
10. Couturier, G.; Tanchiva, E.; Gonzales, J.; Cardenas, R.; Inga, H. 1996. Observations préliminaires sur les insectes nuisibles à l'araza (*Eugenia stipitata* McVaugh, Myrtaceae), nouvelle culture fruitière en Amazonie. *Fruits*, 51(4): 229-239.
11. Donadio, L.C. 1995. Native fruits of Brasil. *Acta Horticulturae*. 370:109-112.
12. Early, E. B. 1966. Effects of shade on maize production under filed conditions. *Crop science* 6: 1-7.
12. Evans, G. C. 1972. The cuantitative analysis of plant growth. *Studies in ecology*. Vol.1. Blackwell Scientific Publication. London.. 45-68p.
13. Falcão, M. A.; Chávez F, W. B.; Ferreira, S. A. N.; Clement, C. R.; Barros, M. J. B.; Brito, J. M. C.; Santos, T. C. T. 1988. Aspectos fenológicos e ecológicos do "araçá-boi" (*Eugenia stipitata* McVaugh) na Amazônia Central. I. Plantas juvenis. *Acta Amazonica*, 18(3-4): 27- 38.
14. FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1987. Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos. 3. Ejemplos de América Latina. Roma, FAO. 241p. (Estudio FAO Montes, 44/3).
15. Ferreira, S. A. N. 1992. Biometria de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh).
16. Ferreira, S.A.D. y Gentil, D.F.O. 2000. Arazá (*Eugenia stipitata*), Cultivo y utilización. Tratado de cooperación amazónica, Secretaria PRO TEMPORE. 107 pág.
17. Flores P, S. 1997. Cultivo de frutales nativos amazonicos: manual para el extensionista. Lima, Peru: TCA-SPT. 307p.
18. Galvis, J.A.,Hernández, M.S. 1993. Análisis del crecimiento y determinación del momento oportuno de cosecha del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). *Colombia amazónica* 6(2),
19. Gardner, F; R.B. Pearce Y R. Mitchell. 1985. *Physiology of crop plants* Iowa state University press: AIMES.. 187-208p.

20. Gutiérrez, A. Criollo, D. [et al]. 2005. Oferta real, área y volúmenes de producción en frutales amazónicos en el departamento del Caquetá. Informe Final Carta de Compromiso No 002/2004. Corpoica-Corpoamazonia. Florencia, Caquetá. 79 p.
21. Hernández, M.S.; Galvis, J. A. 1993. Procesamiento de arazá y cupoazú. Colombia Amazonica, 6(2): 135-148.
22. Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold London. 248 p.
23. INIPA. 1986. Avances y logros de la investigación en frutales nativos de la Amazonia Peruana. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria / CIPA XXII. 1(2): 37p.
24. Kanten, R. and Beer, J. 2005. Production and phenology of the fruit shrub *Eugenia stipitata* in agroforestry systems in Costa Rica. In: Agroforestry Systems 64: 203–209.
25. McVaugh, R. 1958. Flora of Peru. Field Museum of Natural History - Botany, 13: 736-737.
26. Núñez, A.M.L., R.L.B. Stein y F.C. Albuquerque. 1995. Araça boi (*Eugenia stipitata*): Um novo hospedeiro de *Cylindrocladium scoparium*. Fitopatologia brasileira 20 (3): 488-490.
27. Olarte, W. 1987. Control integrado de las moscas de las frutas *Anastrepha* spp. (Diptera-Tephritidae). En: Rev. Colombiana de Entomología. 13 (1): 12-18
28. Picón B., C. 1985. Métodos de injertación y productos enraizantes en araza (*Eugenia stipitata* McVaugh). Iquitos, Peru: UNAP/FA. 52p. (Tesis de Graduación)
29. Picón B., C. 1989. El cultivo de araza. Iquitos, INIA. 8 p.
30. Pinedo M.P., Ramirez F.N. and Blasco M.L. 1981. Notas Preliminares sobre el Arazá (*Eugenia stipitata*) Frutal Nativo de la Amazonia Peruana. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima, Perú, pp. 58.
31. Quevedo E.C. 1995. Aspectos agronómicos sobre el cultivo del Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). Agronomía Colombiana. 12(1): 27–65.
32. Radford, P.J.. Growth 1967. analysis, formulae. Their use and abuse. Crop. Ser..7:171-175.

33. Rodríguez, S. 1991. El arazá (*Eugenia stipitata*). Corporación colombiana para la Amazonía. San José del Guaviare. Colombia. p30.
34. Rogez, H. Buxant, R., Mignolet, E., Souza, J., Silva, E., Larondelle, Y., 2004. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araca-boi (*Eugenia stipitata*), bacurí (*Platonia insignis*) and cupuacu (*Theobroma grandiflorum*). Eur. Food. Res. Technol. 218, 380-384.
35. Shibles, R. and Weber, C. R. 1965. Leaf area solar radiation and dry matter production by soybeans. Crop Science. 5: 575-577
36. Soriano, J. E. 1996. Apuntes sobre la fisiología de frutales perennes. En: Rev. Agricultura Tropical. 33 (1): 77-86
37. Tai Chun, P.A. 1995. Pre and Postharvest pest and diseases of araza (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) in Costa Rica. IICA Headquarters/Costa Rica. p. 1-63.
38. Vargas, G., S. Suarez y D. Cardenas. 2002. Descripción taxonomica de nueve especies frutales establecidas en el banco de germoplasma del Instituto SINCHI. San José del Guaviare-Guaviare. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Ed Produmedios p. 20
39. Villachica, H.; Carvalho, J. E. U.; Müller, C. H.; Diaz, C.; Almanza, M. 1996. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Lima, Peru, Tratado de Cooperación Amazonica - Secretaria Pro-tempore. 367p.

Maduración y métodos de conservación de arazá

María Soledad Hernández¹,

Jaime Barrera¹,

G. Orlando Martínez W.,²

Juan Pablo Fernández-Trujillo³

¹Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Colombia.

²Universidad de los Andes. Colombia.

³ Universidad Politécnica de Cartagena. España.

Maduración del fruto de arazá

La maduración ha sido definida como la transición entre el crecimiento, el desarrollo y la senescencia e involucra cambios de apariencia, sabor y textura que se encuentran regulados genéticamente (Giovannoni, 2004). Los cambios de color se asocian principalmente al cambio de color verde a amarillo o rojo, el cual se debe a la degradación de la clorofila y la síntesis y/o desenmascaramiento de pigmentos como antocianos y carotenos (Clifford, 2000; Hortensteiner, 2006; Taylor & Ramsay, 2005).

Los cambios de sabor se encuentran asociados al aumento de azúcares, producto de la hidrólisis de almidón y/o síntesis de sacarosa, síntesis de compuestos volátiles, disminución de taninos y oxidación de ácidos que son consumidos como reservas del fruto en el proceso de respiración durante la maduración como es el caso de la guayaba (Mercado-Silva et al., 1998)

El ablandamiento en frutos es una consecuencia de la degradación de la estructura de pared celular y en especial a alteraciones en el turgor y el metabolismo de la pared celular. La hidrólisis de la protopectina en fracciones más pequeñas e hidrosolubles que son los (ácidos pécticos) contribuye al ablandamiento durante el proceso de maduración y es generalmente común a todas las especies. El ablandamiento se convierte en una limitante de mercadeo Paull et al., 1999;; Wills et al.,1998).

Los frutos de acuerdo con su respiración pueden ser clasificados como climatéricos o no climatéricos. Los frutos climatéricos presentan un pico en la tasa respiratoria que precede a su senescencia. Este pico puede coincidir con la madurez de consumo, o puede precederla o ser posterior a ella en pocos días. La magnitud e intensidad del pico puede variar de un fruto a otro (Biale y Young, 1971; 1981; Seymour et al., 1993).

La familia *Myrtaceae* exhibe una gran variabilidad en cuanto a los patrones respiratorios de los frutos: mientras los cultivares del género *Psidium* son frutos de patrón respiratorio climatérico, mientras que algunos frutos del género *Eugenia* como *E. malaccensis*, *E. cumini*, *E. uniflora*, *E. jambos* han mostrado patrones respiratorios de tipo no climatérico (Akamine y Goo, 1979).

1.1 Actividad respiratoria

La actividad respiratoria del fruto de Arazá es alta, con valores promedios de 600 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ y un máximo climatérico de 300 mg CO₂kg⁻¹h⁻¹, el cual se alcanza después de los 55 días después del cuajado del fruto. En frutos de Arazá estado verde- maduro a 20°C y humedad relativa del 90%, el climaterio se alcanza entre el tercer y quinto día (Hernández et al., en prensa). Dicho comportamiento sugiere una efímera vida postcosecha, que coincide con las observaciones en campo (Pinedo *et al.*, 1989).

El máximo climatérico del fruto coincide con una máxima producción de etileno de $10 \mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, que resulta similar al de la guayaba, pero que difiere totalmente de lo reportado para frutos del mismo género *Eugenia*, claramente no climatéricos (Akamine y Goo, 1979).

1.2 Cambios fisicoquímicos de la maduración

Firmeza

Durante la maduración del fruto de Arazá, la firmeza disminuye a valores de 20 N. La disminución de la textura del Arazá puede deberse en parte a la ausencia del tejido de sostén, como colénquima y esclerénquima (Hernández et al., 2006 en prensa), o a una baja cantidad de materia seca (Rogez et al 2004). Por tanto el Arazá resulta susceptible a daños mecánicos durante la postrecolección, los cuales se incrementan en la medida en que el fruto sea recolectado y transportando durante la madurez de consumo y no previamente.

Sólidos solubles SST

El contenido de SST en la pulpa de Arazá suele ser inferior al 6% (Rogez et al., 2004). La baja concentración de SST podría estar relacionada con una baja reserva de almidón en el Arazá. En guayaba o mango la síntesis de almidón es considerable en las primeras etapas de su formación. Sin embargo, tras el período de desdoblamiento de sustancias de reserva en la respiración, el aumento de sólidos solubles totales es mayor (Wang & Shiesh, 1990).

El color como un indicador de la maduración del fruto de Arazá

El color del fruto de Arazá varía de verde oscuro ($L=53$ $C=35$, $H=108$) a verde brillante ($L=59$, $C=43$, $H=97^\circ$). El color del fruto en su madurez de consumo es amarillo. ($L=65$ $C=55$, $H=92$) Al finalizar la maduración, la coloración se torna amarilla oscura, que es un indicador de la senescencia. En la Tabla 3.1 se presenta la descripción de la coloración del fruto durante su desarrollo, a partir de la cual se construyó la escala de color del mismo. En Arazá a los cambios de coloración en la piel les acompaña cambios en la coloración de la pulpa, que pasa de color blan-

co, en la pre-maduración a color hueso o marfil y amarilla, característica durante la madurez de consumo.

Aunque en Arazá no se han realizado estudios sobre la degradación de clorofilas y síntesis de carotenoides. En otros frutos, el cambio de color verde mate a amarillo es una consecuencia de la degradación de la clorofila, por acción de las enzimas clorofilasas, las cuales son degradadas al incrementarse el pH del interior de la célula, dando paso a la expresión de los carotenos, los cuales han sido sintetizados durante el proceso de desarrollo del fruto (Hortensteiner, 2006; Taylor & Ramsay, 2005).

Figura 3.1. *Carta de cambio de color del fruto de Arazá durante la maduración*



Tabla 3.1. *Escala de color durante el desarrollo y maduración del arazá*

ESCALA DE COLOR	ESTADO	COLOR		DESCRIPCIÓN
		Descripción	Valor Coordenadas	
1	Inmaduro	Verde	L= 52-54 C= 32-37 H= 106-108°	Color verde oscuro, leve modificación a tonalidad mate
2	Verde-maduro	Verde mate	L= 54-57 C= 38-41 H= 101-105°	Color verde claro sin brillo
3	Pintón	Verde-amarillo	L= 58-60 C= 42-44 H= 95-99°	Color verde con 10-25% de color amarillo
4	Pintón $\frac{3}{4}$	Verde-amarillo	L= 61-64 C= 45-48 H= 89-94°	Color amarillo en mas del 50% del fruto
5	Maduro	Amarillo	L= 65-67 C= 49-54 H= 83-88°	Color amarillo en el 100% de la superficie del fruto
6	Sobre maduro	Amarillo oscuro	L= 68-71 C= 55-59 H= 80-84°	Color amarillo oscuro, fruto blando

Acidez total titulable y pH y la relación de madurez

El pH del fruto de Arazá aumenta durante la maduración. Este comportamiento resulta inverso a la acidez total titulable de la fruta (AT). El ácido málico que es el ácido predominante en la fruta aumenta disminuye a $200 \text{ nmH}^+ \cdot \text{L}^{-1}$, mientras que el pH aumenta a 3 unidades. Los ácidos orgánicos son respirados como parte de la reserva energética del fruto, con lo cual, la acidez disminuye durante la maduración y sobre todo en frutos en los cuales las reservas de polisacáridos son limitadas, como es el caso del Arazá.

El índice sólidos solubles/acidez o índice de madurez aumenta de manera lineal en los frutos de Arazá durante su maduración. El índice de madurez tanto para consumo como para proceso debe ser estar entre valores de 3 a 5 (por encima frutos senescentes). Por su parte para la recolección se recomienda un índice de madurez inferior a 1.5.

2. Métodos de conservación para el fruto de arazá

El almacenamiento de frutos a bajas temperaturas por un período definido es una práctica común en países de climas templados. Las bajas temperaturas retardan la maduración y pueden disminuir la aparición de pudriciones que aparecen durante el almacenamiento. Sin embargo, el problema con los frutos tropicales como en el caso del Arazá, guayaba, mango, o papaya entre otros es que son sensibles al daño por frío (Campbell, 1994; Wang 1982; 1994). El daño por frío en la mayoría de los frutos tropicales constituye una restricción para su almacenamiento bajo condiciones de refrigeración por encima de 3 a 12 días, el período habitual de inducción irreversible de estas alteraciones fisiológicas por debajo de 13-15°C (Artés et al., 1998a; Fernández-Trujillo & Martínez, 2006; Fernández-Trujillo et al., 1998a).

En el caso de picado por frío, las células parenquimáticas localizadas varias capas bajo la epidermis son las que primero se ven afectadas, produciendo un hundimiento del tejido y consecuentemente micro y macrofracturas en la piel del fruto, que posteriormente son colonizadas por microorganismos necrótrofos (Fernández-Trujillo y Martínez, 2006). Los daños por frío en general se encuentran asociados con observables primeramente a nivel de ultraestructura, que provocan alteraciones de pared celular, lámina media y la membrana citoplasmática, pudiendo provocar en estadios más avanzados de deterioro en la membrana mitocondrial o tonoplástica, y en el cloroplasto (Concellón et al., 2007; Fernández-Trujillo y Martínez, 2006; Jackman et al., 1988; Lyons y Breidenbach, 1987).

A la desorganización de las membranas celulares se suman la disminución del movimiento del citoplasma y el desacople de las microfibrillas, al igual que la disminución de la actividad de algunas enzimas solubles como la peroxidasa, la catalasa, la superóxido dismutasa, la polifenol oxidasa u otras, que causan peroxidación de las membranas (Parkin et al., 1989). Wade (1979) enuncia que otros compuestos que se acumulan como resultado del daño por frío son los de origen de la glicólisis. Inicialmente se aumenta la concentración de piruvato, el cual se metaboliza a etanol, acetaldehído y acetato. Todos estos cambios a escala bioquímica

y molecular, y con variaciones en su manifestación temporal según la variedad, se manifiestan posteriormente con alteraciones de la emisión de etileno, el cual a bajas temperaturas disminuye inicialmente, para luego aumentar una vez pasado el período de inducción de la alteración o período de latencia (Fernández-Trujillo y Artés, 1998; Fernández-Trujillo et al., 1998a y 2000). Cuando el fruto se transfiere a maduración complementaria, puede producirse un aumento desmesurado de la actividad respiratoria y la producción de etileno o no; irregularidad del cambio de color; desarrollo rápido de la senescencia; susceptibilidad a enfermedades y pudriciones; aumento del picado o escaldadura de la superficie; además del aspecto delicuescente de los daños o de pardeamientos internos (Saltveit y Morris, 1990; Fernández-Trujillo et al., 1998b y 2000).

El picado, el encharcamiento y la fuga de iones provienen de una causa común, la incapacidad de las membranas para mantener la compartimentalización de los contenidos celulares al sufrir daños que han sido recientemente fotografiados mediante criomicroscopía electrónica de barrido (Fernández-Trujillo y Martínez, 2006). Los fluidos que salen de la célula forman un área de encharcamiento, lo cual reduce la difusión de gases y crea el medio apropiado para el crecimiento de patógenos y ocasiona deshidratación y necrosis del tejido. Cuando se produce la evaporación del agua de las áreas “encharcadas” sobre todo si estas están próximas a la epidermis, se producen las depresiones y el picado superficial (Saltveit y Morris, 1990).

En frutos de guayaba, el daño por frío se atribuye principalmente a la pérdida de función de la membrana ocasionada por la oxidación de sus lípidos (Ali y Lazan, 1997; Mercado et al., 1999). La disminución y/o pérdida de permeabilidad se traduce en fuga de iones y generalizada descompartimentalización.

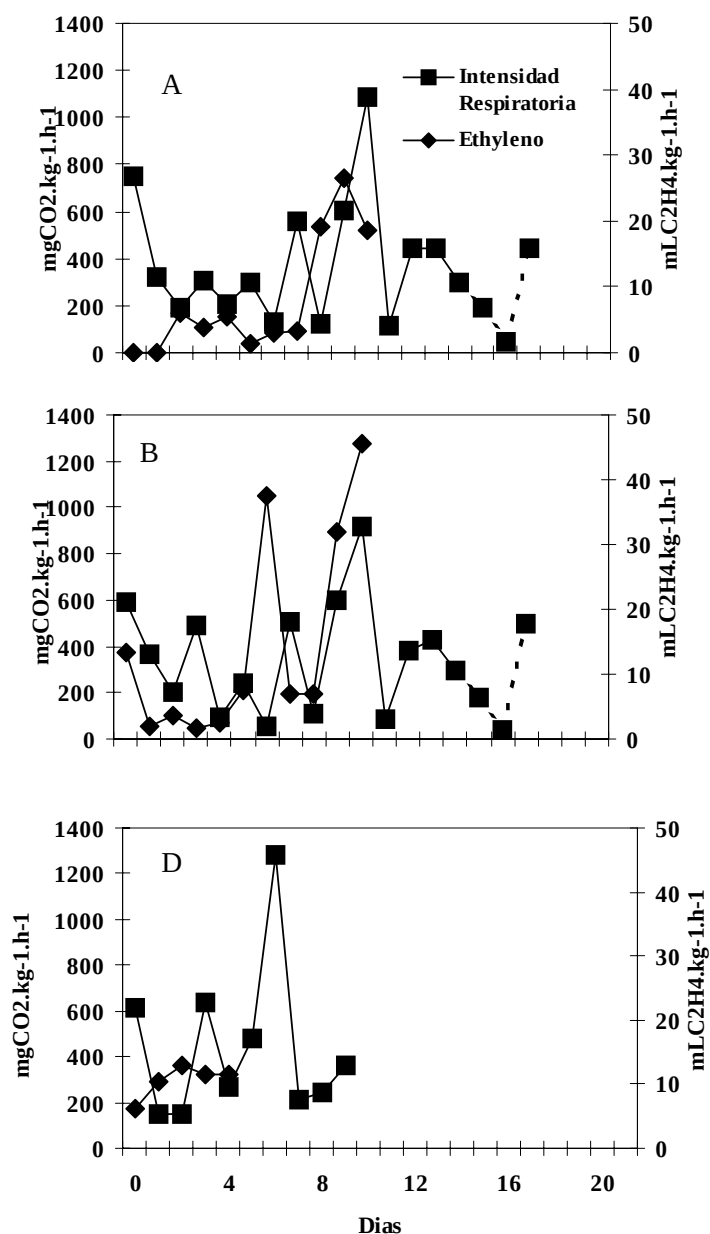
2.1 Cambios fisicoquímicos durante la conservación refrigerada

Actividad respiratoria

El fruto de Arazá a temperatura de maduración (20°C) alcanza su máximo climatérico a los 5 días (Figura 3.2), mientras 7 ó 10°C presentan un

comportamiento irregular con tasas muy elevadas de actividad respiratoria. A 12°C el pico climatérico se retrasa una semana por lo menos.

Figura 3.2. Intensidad respiratoria de frutos de araza durante el almacenamiento en temperaturas de 7oC y H.R 90% (A) 12oC Y H.R 85% (B) y 20oC H.R 75% (C)



Firmeza del fruto

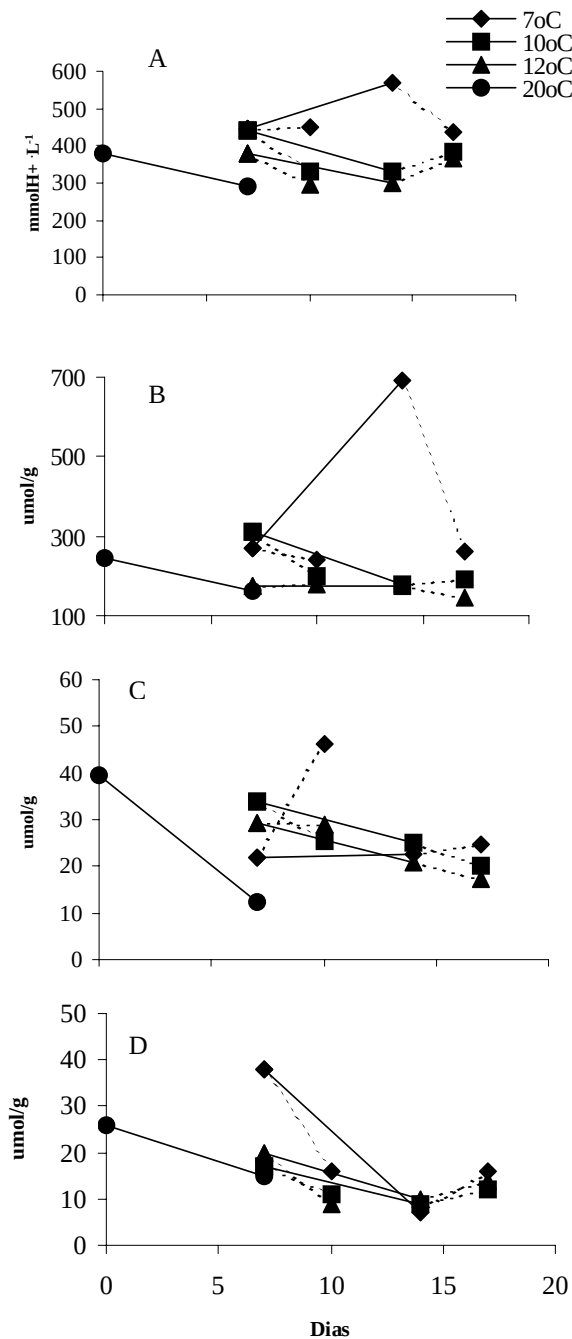
La firmeza de los frutos de Arazá disminuye durante el período de poscosecha, la temperatura de refrigeración retrasa el cambio, sin embargo, la firmeza de la pulpa disminuye de 40 a 10 N en el almacenamiento en refrigeración, principalmente en aquellos almacenados frutos a 12°C. Dados los síntomas de incapacidad para madurar a 7°C, es posible que daños por frío internos contribuyan a un mantenimiento anormal de la firmeza (Galvis y Hernández, 1993). En melocotón por ejemplo se ha comprobado que a temperaturas con riesgo de daños por frío combinadas con temperatura de maduración de 15°C el fruto presenta un aumento anormal de firmeza de la pulpa y una excesiva firmeza durante la maduración (Fernández-Trujillo et al., 2000).

Contribuye al carácter blando del fruto maduro, las características del parénquima del mesocarpio de células grandes, con una vacuola que ocupa la mayoría de la misma, con paredes delgadas carentes de tejido de sostén (Hernández et al., en prensa), así como el bajo contenido de materia seca (Rogez et al 2004).

Acidez total titulable y pH

Durante la maduración del fruto de Arazá, el pH de la pulpa aumenta, siendo mucho más evidente en frutos mantenidos a 20°C y de una manera un poco mas lenta en frutos almacenados en refrigeración. De manera inversa la AT disminuye (Figura 3.3A). Este comportamiento coincide comportamiento con el de la guayaba entre otras especies con frutos climatéricos (Ali y Lazan, 1997). En los frutos a 7°C, la acidez aumenta en un 13% (Hernández et al., 2002a). Dicho comportamiento puede estar asociado con lesiones por el frío que se desarrollan a esta temperatura (Hernández et al., 2002a), de acuerdo con Wang (1994), quien encontró acidificación en los tejidos de pepino cohombro afectados por temperaturas inferiores a la crítica.

Figura 3.3. Ácidos orgánicos en frutos de araza durante el almacenamiento en temperaturas de 7°C y H.R 90% ; 12°C y H.R 85% ; 20°C H.R 75% .Acidez Total Titulable (A) Ácido Málico(B) Ácido cítrico (C) Ácido Ascórbico (D)



Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos málico, succínico y cítrico (Figura 3.3B-D) disminuyen durante la maduración del fruto de Arazá. En frutos almacenados a 10°C ó 12°C, la disminución se retrasa por efecto de la baja temperatura, sin embargo en frutos a 7°C, estos ácidos permanecen coincidiendo con la tendencia de la AT. El proceso de acidificación sugiere un desorden al nivel de la actividad de enzimas del ciclo de Krebs que podría deberse al daño por frío (Wang, 1993). El aumento de la acidez total obedece al aumento significativo de los ácidos málico, succínico y cítrico a esta temperatura (Figuras 3.3B-C). En periodos de comercialización, la concentración de ácido málico disminuye pero aun así las concentraciones sugieren alteración por frío.

La disminución de ácidos orgánicos coincide con altas tasas respiratorias, algo común a muchas frutas (Wills et al., 1998) y evidencia que estos ácidos forman parte de la reserva energética del fruto, al igual que ocurre en frutos de la misma familia como la guayaba (Ali y Lazan, 1997).

Ácido ascórbico

El ácido ascórbico presenta concentraciones muy altas en Arazá, pero disminuye durante la maduración del fruto de Arazá. La refrigeración conserva sólo en un 50% las concentraciones iniciales del fruto recién cosechado. Sin embargo en los frutos a 7°C la concentración de ácido ascórbico aumentó significativamente (Figura 3.3D) tras 7 días de almacenamiento, para luego disminuir durante la segunda semana de almacenamiento. Este comportamiento podría asociarse con un mecanismo de resistencia al daño por frío, tal como lo han reportado Mercado-Silva et al. (1999) para frutos de guayaba.

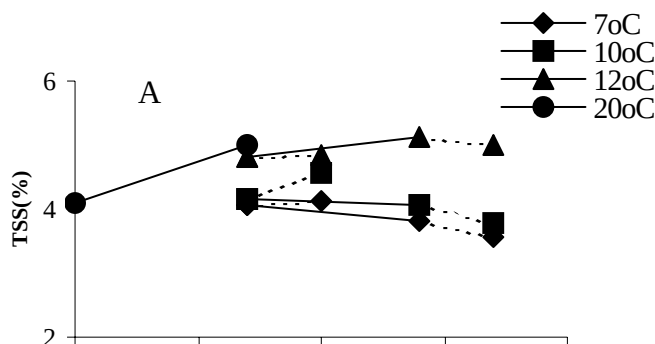
Sólidos Solubles Totales y azúcares

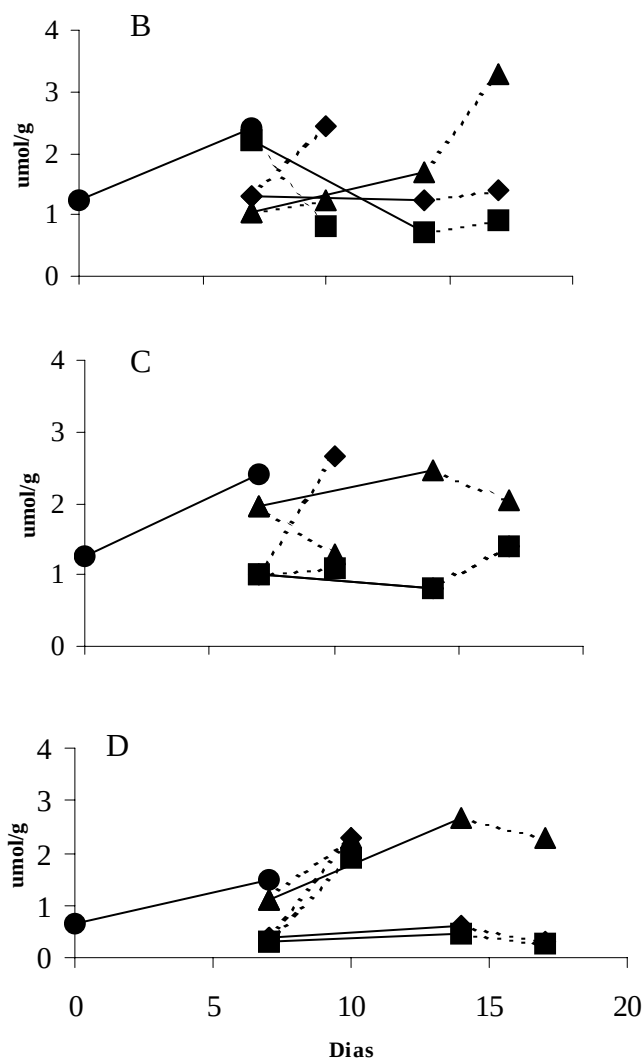
Los sólidos solubles totales aumentan significativamente, a la par con los azúcares predominantes en el fruto de Arazá, sacarosa, glucosa y fructosa tanto en frutos almacenados a 20°C (Figuras 3.4A-D) como a 12°C, con valores finales de 6%. Este proceso en las frutas resulta del desdoblamiento de las reservas amiláceas, y la conversión de la sacarosa en glucosa y fructosa por acción de las enzima invertasa ácida y sacaro-

sa sintasa, responsables de la hidrólisis de la sacarosa (Yamaki, 1995). En el caso de frutos almacenados a 7 y 10°C, no hay aumento alguno aun después de la simulación de la comercialización 20°C. En el caso de temperaturas mas bajas 7 ó 10°C, el aumento de sólidos solubles totales y de azúcares solo se presenta tras una semana de almacenamiento. En períodos mas prolongados, los frutos no presentan aumento de azúcares. Una posible explicación de este comportamiento es que a bajas temperaturas la actividad enzimática se ralentiza, y en aquellos casos en que los frutos son almacenados a temperatura por debajo de la crítica algunas pueden sufrir un deterioro importante.

El contenido de azúcares en el fruto de Arazá difiere de manera general del que presenta la guayaba, *Psidium guava* de la misma familia *Myrtaceae*, en la cual el azúcar predominante es la fructosa, seguida por la glucosa y la sacarosa (Ali y Lazan, 1997), mientras que en el fruto de Arazá, es la sacarosa el azúcar predominante.. Sin embargo, la tendencia de aumento a 12°C coincide con otras mirtáceas que durante la maduración, aun esta sea controlada aumentan, como resultado de la hidrólisis del almidón (Bashir & Abu-Goukh, 2003)

Figura 3.4. Sólidos Solubles Totales (A) Sacarosa (B) Fructosa (C) Glucosa en frutos de araza durante el almacenamiento en temperaturas de 7oC y H.R 90% ; 12oC y H.R 85% ; 20°C H.R 75%





2.2 Pérdidas por alteraciones fúngicas y fisiológicas del fruto

La calidad del fruto de Arazá esta asociada a pérdida de peso, daño por frío, antracnosis y otras pudriciones Fotos 3.1-3.4.

Pérdida de peso y marchitamiento

La alta actividad respiratoria en el fruto de Arazá contribuye a la pérdida de peso que alcanza niveles superiores al 10% a pesar del uso de la

refrigeración tanto a 10 como a 12°C. Esta condición hace difícil el mercadeo del producto en fresco refrigerado únicamente. Se hace necesario combinar la refrigeración con otras técnicas de conservación. La mayor pérdida de peso se presenta en frutos almacenados a 7°C, ya que en ellos se presenta una mayor marchitez que se asocia a daños por antracnosis y otras pudriciones y una clara interrupción del proceso de maduración (Foto 3.4). Este es un comportamiento atípico de la pérdida de peso si se considera la regla de que a menor temperatura, la disminución del metabolismo es mayor (Wills et al., 1998). Dicho comportamiento puede ser, en parte, debido a una mayor actividad respiratoria inducida por el daño por frío (Fig 3.2).

Foto 3.1. Estado de madurez apropiado para la recolección y manejo poscosecha del fruto de araza



Foto 3.2. Fruto de araza en madurez de consumo



Foto 3.3. Pudriciones del fruto de Arazá almacenado durante dos semanas a 10°C y HR. 85%



Foto 3.4. Maduración irregular de frutos de araza tras dos semanas de almacenamiento a 7°C y H.R del 85%. Daño por frío



Daño por frío - Lesiones externas

Las alteraciones por frío en la postcosecha del fruto de Arazá se caracterizan por escaldaduras, picado, endurecimiento de la pulpa, maduración anormal o incapacidad para madurar, y pardeamiento de los tejidos, así como podredumbres asociadas a estos daños (Hernández et al., 1999; Hernández y Fernández-Trujillo, 2004). El marchitamiento del fruto y las podredumbres por antracnosis suele acompañar a estos síntomas especialmente al transferir a temperatura ambiente o en la segunda semana de almacenamiento. Si los frutos se almacenan en temperaturas de 7 y 10°C, se presenta fundamentalmente escaldadura del epicarpio. Por el contrario, los frutos mantenidos a 12°C no presentan a tiempos de conservación de 1-2 semanas, una notable incidencia de este desorden, confirmando las observaciones de Galvis y Hernández (1993), quienes recomiendan almacenar el fruto de Arazá a temperaturas superiores a 11°C (Foto 3.2).

Antracnosis (*Gloeosporium* sp.)

En la antracnosis, causada por *Gloeosporium* sp, se encuentra una relación directa entre la mayor marchitez, la mayor pérdida de peso y la ocurrencia del patógeno (Tabla 3.2). En las temperaturas de 7 y 10°C, el porcentaje de frutos afectados tras 2 semanas de conservación supera el 20%, mientras que a 12°C siempre es inferior a este porcentaje. Por otra parte, los frutos mantenidos a 20°C presentan el 28% de incidencia de la enfermedad. La antracnosis en Arazá es una enfermedad que permanece latente desde su infección del fruto en él. Puede iniciarse en los primeros estados de desarrollo del fruto y presenta su mayor incidencia en el período de maduración posrecolección, lo cual coincide con lo observado por Reyes y Paull (1995) y Ali y Lazan (1997) para el fruto de guayaba, especie de la misma familia *Myrtaceae*.

Los frutos almacenados en temperatura por debajo de la temperatura crítica, de 12°C, presentaron mayor incidencia del ataque de *Gloeosporium* sp. que a esta temperatura, lo cual puede explicarse en el hecho de que los frutos con daño por frío resultan más susceptibles al ataques de hongos necrotrofos, como resultado de los cambios metabólicos que se producen (Saltveit y Morris, 1990).

Tabla 3.2. Valores promedio para los parámetros de calidad en las diferentes temperaturas, tiempos de almacenamiento y madurez complementaria.

Tratamiento						
Temperatura	Almacenamiento	Pérdida de peso (%)	Marchitamiento (%)	Antracnosis (%)	Daño por Frío (%)	Pudrición (%)
20	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	7	12.1	10.0	0.0	16.7	0.0
7	10	14.7	16.7	10.0	20.0	0.0
7	14	22.3	23.3	16.7	25.0	10.0
7	17	23.4	30.0	23.3	30.0	10.0
10	7	5.0	0.0	0.0	10.0	0.0
10	10	11.0	12.7	18.7	18.7	10.0
10	14	9.8	20.3	23.3	31.7	10.0
10	17	11.2	19.3	30.0	27.7	21.7
12	7	7.7	12.7	0.0	0.0	0.0
12	10	11.2	13.3	10.0	0.0	0.0
12	14	16.4	18.7	10.0	0.0	0.0
12	17	18.2	26.7	18.7	0.0	10.0
DMSTukey 5%		ns	9.4	7	6.5	3

3. Aplicaciones de baños con cloruro cálcico (CaCl_2).

Los efectos encontrados al aplicar tratamientos con cloruro de calcio sólo o con otros tratamientos como el pretratamiento térmico, han mostrado disminución del ablandamiento de los frutos, y disminución de la incidencia de pudriciones. La formación de puentes entre los ácidos urónicos y los cationes hacen la lámina media menos accesible a las pectinasas y a las poligalacturonas propias del fruto o las producidas por hongos patógenos. Para otros autores como Sams y Conway (1984), el calcio disminuye poliurónidos solubles en frutos como manzanas después del almacenamiento, con lo cual el ablandamiento del fruto decrece.

El calcio exógeno suministrado en solución es absorbido por las lenticelas y transportado, vía apoplasto, al interior del fruto (Harker y Ferguson, 1989). De esta manera se hace disponible para unirse a las

cadenas de pectinas de la lamina media formando pectatos de calcio. Consecuentemente la lámina media se hace menos accesible a la acción de las enzimas encargadas de la hidrólisis de pectinas (Klein et al., 1990; Lurie y Klein, 1992; Lurie et al., 1996). El éxito del efecto de la aplicación del cloruro de calcio radica en la correcta concentración de la solución para evitar efectos abrasivos sobre la epidermis, y en la edad de los frutos. Adicionales beneficios del calcio se dan por el hecho de que es un producto natural, no costoso, comestible y aprobado de manera general para su aplicación (Saftner et al., 1998 a).

A continuación se resumen algunos de los principales efectos de la aplicación de CaCl_2 en un experimento factorial con los factores temperatura del baño (4 ó 15°C) y concentración de la solución (0, 0.36 ó 0.72 mM), sobre la calidad del fruto de Arazá (Hernández et al., 2003).

Firmeza

La firmeza de los frutos de Arazá se mantiene si son tratados con soluciones de cloruro de calcio. Con concentraciones de 0.36 mM tuvieron mayor firmeza que los controles durante dos semanas de almacenamiento y en períodos de comercialización posteriores, a 20°C (Tabla 3.3). No se ha encontrado un efecto muy beneficioso de los pretratamientos térmicos sobre la calidad del fruto de Arazá (Hernández et al., 2002b), y por tanto tampoco en combinación con la solución de CaCl_2 .

Los frutos de Arazá tratados con soluciones de CaCl_2 , mostraron aumentos de contenidos de calcio, sin embargo, el aumento de la firmeza no fue significativo. Es posible que esta respuesta esté asociada con el corto período de conservación del fruto de Arazá. Wang (1993) indica que en frutos con cortos períodos de almacenamiento, el efecto del calcio no se aprecia.

Tabla 3.3 Efecto de la inmersión en soluciones de CaCl_2 en algunas variables fisicoquímicas de frutos de arazá almacenados a 12°C durante dos semanas y posterior período de maduración complementaria de 3 días a 20°C.

Tratamiento						
Temper. Solución (°C)	[CaCl_2]	Almacenamiento		pH	Acidez mmol $\text{H}^+ \cdot \text{L}^{-1}$	SST (°Brix)
Recolección	0	0	40	2.8	550	3.3
4	0	7	28.2	2.8	426	3.1
4	0	7	12.0	3.1	451	4.7
4	0	14	18.6	3.1	404	4.0
4	0	17	18.0	3.0	438	3.8
4	0.36	7	35.8	3.0	418	3.6
4	0.36	7	23.6	3.0	370	4.4
4	0.36	14	18.9	2.9	320	3.0
4	0.36	17	26.0	3.0	399	4.3
4	0.72	7	36.0	2.8	438	3.6
4	0.72	7	15.4	2.7	360	4.7
4	0.72	14	16.4	3.2	441	5.4
4	0.72	17	21.6	3.3	392	4.5
15	0	7	28.0	3.1	397	3.7
15	0	7	19.0	3.1	370	3.9
15	0	14	16.7	3.0	456	4.9
15	0	17	24.0	2.7	398	4.2
15	0.36	7	40.0	3.0	396	3.3
15	0.36	7	21.6	3.1	380	4.1
15	0.36	14	24.0	3.0	398	4.0
15	0.36	17	24.5	3.0	406	4.9
15	0.72	7	35.3	2.8	452	3.7
15	0.72	7	19.0	3.0	391	4.4
15	0.72	14	21.6	3.1	447	4.4
15	0.72	17	22.0	3.0	363	3.5
DMS Tukey 5%			ns	0.2	ns	ns

Acidez Total y Ácidos orgánicos

El pH de los frutos de Arazá tratados con cloruro de calcio y almacenados a 12°C aumentó durante el período de almacenamiento y durante los períodos de comercialización (Tabla 3.3). De manera inversa, la AT mostró disminución. Concentraciones de 0.36 mM y superiores incidieron de manera significativa en el aumento del pH y en la disminución de la ATT, lo que hace suponer que los tratamientos con cloruro de calcio, no alteran el metabolismo de los ácidos orgánicos del fruto, permitiendo que estos disminuyan y el pH aumente. Sin embargo, en la concentración de 0.36 mM por más tiempo lo que hace suponer que la concentración de 0.36 mM de cloruro de calcio podría influir en mantener la acidez en el fruto.

El ácido málico, así como el succínico y cítrico, mantienen sus niveles en frutos tratados con estas concentraciones de CaCl_2 , lo cual corresponde de manera directa con el retraso en la disminución de ATT, aun en el período de comercialización a 20°C.

En consecuencia, se puede afirmar que el tratamiento con soluciones de CaCl_2 a 4° o 15°C afecta la maduración del fruto de Arazá disminuyendo el consumo de los compuestos de reserva. Este comportamiento coincide con el reportado para fresas, y manzanas de diferentes variedades (García et al., 1996; Lurie et al., 1996; Sams et al., 1993).

El aumento de los contenidos del ácido succínico en frutos de Arazá tratados con soluciones de CaCl_2 también puede asociarse a que la mayor incidencia de lesiones externas que se presentan en el fruto, o con la fitotoxicidad de algunas concentraciones de calcio. Sams et al. (1993) indican que los tratamientos con soluciones de cloruro de calcio han resultado ser fitotóxicos para algunas como las manzanas *Golden Delicious*, que tratadas en concentraciones superiores a 4% (0.36 mM), que presentan maduración anormal e incompleta.

Ácido ascórbico

El ácido ascórbico alcanza su máximo contenido durante el desarrollo del fruto y durante la maduración, para disminuir durante la senescencia (Lee y Kader, 2000). En aquellos tratamientos en que disminuye su contenido más lentamente o se retrasa, hay un beneficio en la con-

servación de la calidad nutricional del fruto. En los tratamientos con CaCl_2 , el contenido de ácido ascórbico fue significativamente menores en frutos de Arazá tratados con soluciones de cloruro de calcio y almacenados a 12°C. lo cual hace suponer un retraso de la maduración, si se considera que la tendencia en frutos de Arazá, almacenados a 12°C, el ácido ascórbico aumenta, tal como sucede en otras especies tropicales como la acerola (*Malpighia glabra* L.) (Lee y Kader, 2000).

La temperatura de la solución para aplicación del CaCl_2 influye en la calidad de los frutos. De manera general se ha encontrado que a bajas temperaturas menores de 4°C, los efectos se magnifican. En frutos de Arazá, los tratamientos con calcio a baja temperatura retrasaron la síntesis de ácido ascórbico, indicando un retraso en la maduración. Tingwa y Young (1974) y Singh et al. (1993) reportan disminución de la respiración en frutos de aguacate y mango tratados con soluciones de cloruro de calcio en pre y/o poscosecha. En consecuencia, la síntesis y la degradación de compuestos en los frutos se ven disminuidas.

Sólidos solubles y azúcares

El contenido de sólidos solubles en frutos tratados con CaCl_2 aumenta entre 3 y 5.5%, de manera semejante al aumento que presenta cuando madura en la planta. El contenido de sólidos solubles de frutos tratados con soluciones de cloruro de calcio aumenta significativamente durante el almacenamiento y en la maduración comercial. Dicha respuesta coincide con lo encontrado por García et al. (1996) en fresa, en la que los sólidos solubles aumentaron en respuesta a tratamientos de inmersión en soluciones de cloruro de calcio al 1%.

El aumento de sacarosa se retrasa como resultado del tratamiento. Sin embargo, los contenidos alcanzados en frutos tratados es siempre semejante al de frutos madurados en la planta. Estas tendencias hacen plantear la hipótesis de que el tratamiento con sales de calcio influye en algunas enzimas del metabolismo de azúcares tales como la invertasa ácida, responsable del desdoblamiento de la sacarosa. Otra posible explicación es una baja síntesis de sacarosa y disminución de la hidrólisis de almidón. El efecto de la temperatura de la solución es semejante a la que se encuentra en el ácido ascórbico.

Los contenidos de glucosa y fructosa se mantienen por mayor tiempo en frutos tratados con soluciones de CaCl_2 y si la temperatura a la cual se mantiene la solución es menor de 4°C , el retraso en la degradación de azúcares es mas lento.

El CaCl_2 influye positivamente en la conservación de los niveles de azúcares en frutos enteros así como mínimamente procesados como en fresa (García et al., 1996; Rocha et al., 1998).

Color

Los frutos de Arazá tratados con soluciones de cloruro de calcio alcanzan un estado de madurez avanzado (color 5, según la escala de color propuesta para frutos de Arazá durante su maduración). Esto indica que el tratamiento no detiene el proceso de maduración, solo lo retrasa. El tratamiento con soluciones de CaCl_2 retrasan el cambio de color en el fruto, siendo mayor este retraso para concentraciones más altas de calcio 0.72 mM. La respuesta del cambio de color en el fruto de Arazá tratado con sales de calcio coincide con lo reportado para manzanas cv. 'Golden Delicious' por Sams et al. (1993) y Lurie et al. (1996), en las cuales el control de la maduración, además de involucrar el mantenimiento de la firmeza, disminuye el cambio de color y de la actividad respiratoria (Eaks, 1985).

3.2 Pérdidas por alteraciones fúngicas y fisiológicas del fruto

Pérdida de peso y marchitamiento

A pesar de los beneficios encontrados en otras variables de calidad, el tratamiento con calcio mitiga de manera limitada la pérdida de peso en frutos de Arazá. Las perdidas de peso en durante las dos semanas de almacenamiento pueden llegar a ser de hasta 15%, aun en las soluciones mas concentradas (tabla 3.4). La combinación del tratamiento con CaCl_2 y el uso de envolturas o recubrimientos podría ser una alternativa para reducir las pérdidas de peso durante o tras la conservación del fruto de Arazá, tal y como se ha descrito para la manzana (Saftner et al., 1998a). El marchitamiento en frutos de Arazá almacenados a granel es

superior al 10%, guardando una relación directa la menor pérdida con la mayor concentración de la solución de calcio

Tabla 3.4. *Calidad de frutos de araza tratados con soluciones de cloruro de calcio CaCl_2 0.36 y 0.72M en dos temperaturas, tras dos semanas de almacenamiento y un período de comercialización de 3 días*

Factores de calidad			4°C			15°C			TMD ($p=0.05$)
	3 d 20°C	7 d 20°C	Control 14+C	0.36 M 14d+C	0.72 M 14d+C	Control 14+C	0.36 M 14d+C	0.72 M 14d+C	
Marchitamiento	16	22	10	15	12	14	9	11	ns
<i>Gloesporium</i> spp.	20	28	11	23	19	15	9	10	ns
Pudriciones	ND	8	17	18	16	15	9	15	ns
Color	1	6	4.8	4.3	3.5	6	4.8	4	ns

Podredumbres por antracnosis y otras podredumbres secundarias. Alteraciones fisiológica del epicarpio del fruto

El desarrollo de antracnosis se presenta en frutos tratados con calcio. Sin embargo, el desarrollo de la lesión se ve disminuida con el tratamiento. La temperatura de la solución de inmersión incide en el desarrollo del patógeno, probablemente por que el epicarpio del fruto pueda sufrir daños en el tratamiento con solución a la más alta temperatura, lo que facilita su desarrollo. Las lesiones externas del epicarpio del fruto de Arazá debidas al tratamiento con cloruro clásico se presentan como abrasiones en su superficie del fruto, de color pardo (Foto 3.5). Los daños fueron mayores (hasta en un 15% respecto al testigo y la concentración de 0.36 mM) cuando la concentración de calcio fue del orden del 0.72 mM.

Foto 3.5. *Lesiones de la epidermis en frutos de Arazá tratados con soluciones de 0.36 M de CaCl_2 y almacenados a 12oC.*



Las podredumbres secundarias más frecuentes en los frutos de Arazá son debidos a levaduras y en algunas ocasiones a *Curvularia* sp. Aunque las lesiones externas y la antracnosis se presentan también en los frutos tratados con soluciones de calcio, las pudriciones disminuyen por efecto de los tratamiento. Por tanto, el tratamiento disminuyó la incidencia de algunos patógenos en frutos de Arazá durante la poscosecha, lo cual coincide con la mayoría de autores quienes afirman que el tratamiento con cloruro de calcio disminuye la incidencia de patógenos en los frutos (García et al., 1996; Lurie et al., 1996; Poovaiah, 1986; Sams et al., 1993; Tzoutzoukou y Bouranis, 1997). Se evidencia que la concentración de la solución de cloruro de calcio apropiada para tratar el fruto de Arazá debe ser optimizada e inferior a 0.36 mM. Una menor temperatura de la solución pudo contribuir a una mayor conservación de frutos de Arazá y actuar de manera sinérgica con la sal de calcio.

Foto 3.6. Frutos de Arazá tratados con soluciones de cloruro de calcio CaCl_2 de 0.36M y conservados por una semana en temperatura de 12°C y H.R 85% (Período de comercialización de 3 días a 20°C y H.R. de 85%)



Foto 3.7. Irregularidad en la maduración de frutos de arazá tratados con soluciones de Cloruro de Calcio 0.72M



4. Ciclos de calentamiento intermitente para prolongar la vida de almacenamiento de frutos de arazá refrigerados

Los calentamientos intermitentes son un tipo de tratamiento térmico que consiste en la interrupción del almacenamiento a bajas temperaturas en el que se produce una elevación de la temperatura con duración, periodicidad y frecuencia variable (Artés, 1995; Wang, 1982; 1993; 1994). Las bases bioquímicas de la respuesta de los productos sometidos a estos tratamientos están asociadas a un restablecimiento del metabolismo normal del fruto. En este período existe un aumento de la actividad respiratoria y emisión de etileno que hace avanzar la madurez del fruto (Fernández-Trujillo et al., 1998b), y se ha postulado que contribuye a la restauración de la integridad de la ultraestructura celular lo que restablece el metabolismo normal. La acción combinada de frío y calor estimula la biosíntesis de ácidos grasos insaturados que protegen la integridad de las membranas. Adicionalmente, los tratamientos de calentamiento intermitente reducen el contenido del ácido 1 aminociclopropano carboxílico y la actividad ACC oxidasa (Artés, 1995).

El fruto de Arazá ha sido tratado con 0, 6, 12 y 18 horas a 20°C aplicados solo una sola vez tras 6 días de almacenamiento (Hernández et al., 2003b). Los ciclos de calentamiento se logran mediante el traslado de los frutos, de la cámara a 10°C a otra cámara a 20°C y 90% H.R. Una vez concluido el ciclo de calentamiento correspondiente los frutos retornan a la cámara a temperatura de 10°C, donde permanecen hasta el día 14 o final del almacenamiento.

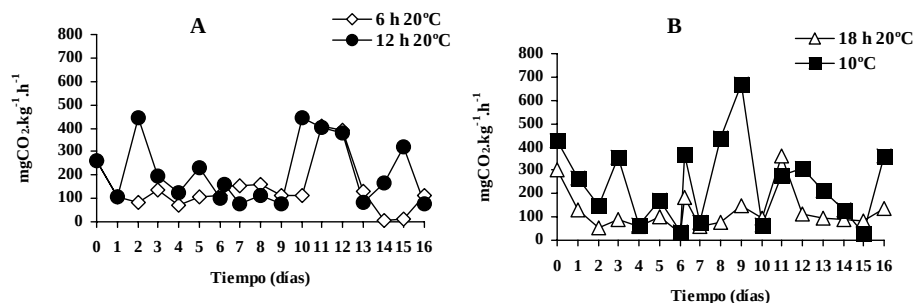
4.1 Actividad respiratoria y parámetros fisicoquímicos

Actividad respiratoria

Los frutos de Arazá acondicionados con un ciclo de calentamiento intermitente conservan el patrón respiratorio climatérico característico tras la vuelta a temperatura de maduración (Figuras 3.5A y B). En todos los

tratamientos se observan valores menores de la actividad respiratoria después del día 6 en el cual se hace el calentamiento intermitente, cuando los frutos regresan a la temperatura de 10°C (Figuras 3.5A y B).

Figura 3.5. Actividad respiratoria de frutos de arazá bajo diferencias ciclos de calentamiento intermitente tras una semana de almacenamiento a 10°C (A) 6 y 12 horas a 20°C y H.R 85% y (B) 18 horas y Testigo a 20°C y H.R 85%



Firmeza

La firmeza de los frutos disminuye significativamente cuando se hace tratamiento de calentamiento, especialmente cuando el tiempo de exposición a 20°C es más prolongado, lo cual se evidencia por una inducción de los procesos de maduración normal y un equilibrio entre el balance de las enzimas pectolíticas (Artés et al., 1996; Fernández-Trujillo y Artés, 1997; Fernández-Trujillo et al., 1998b) (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Efecto de un ciclo de calentamiento intermitente de 6, 12 o 18 horas en el día 6 del almacenamiento en algunas variables fisicoquímicas de frutos de arazá mantenidos a 10°C durante 2 semanas. Los frutos tuvieron un período de maduración de 3 días a 20°C después del almacenamiento.

Tratamiento					
Día	Ciclo de Calentamiento.	Firmeza (Newton)	pH	Acidez mmol H ⁺ L ⁻¹	SST (°Brix)(%)
6	SC	40.0	2.7	461	3.9
6	SC	40.0	2.7	460	3.9
6	SC	39.5	2.8	462	4.0
6	SC	41.0	2.8	460	3.8
6	SC	31.4	2.7	481	3.9
6	6	32.4	2.8	462	3.3
6	12	34.7	2.9	421	4.2
6	18	36.0	2.9	383	4.6
14	SC	36.5	2.7	448	3.1
14	6	41.0	2.8	453	4.7
14	12	29.0	2.7	438	4.2
14	18	49.3	2.9	483	3.8
17	SC	37.2	2.5	484	4.0
17	6	37.0	3.0	446	3.9
17	12	28.0	3.0	347	3.1
17	18	32.6	3.0	389	3.8
Tukey 5%		13.01	0.13	43	1.32

SC Testigo sin calentamiento

Acidez titulable y ácidos orgánicos

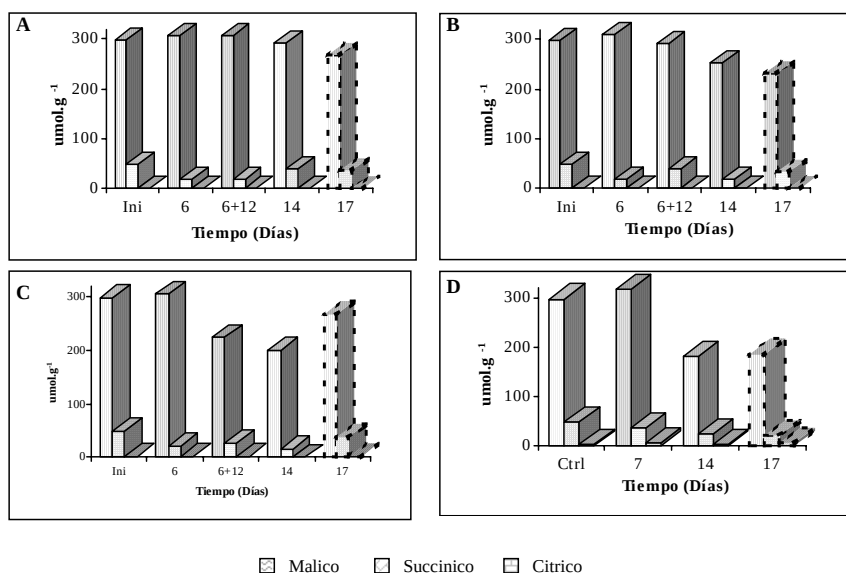
A mayor tiempo de calentamiento se observa una mayor reducción en el contenido de los ácidos orgánicos durante el almacenamiento. Se encuentra una relación entre la disminución del contenido de ácido málico y la disminución de la acidez, la cual fue más acusada en frutos sometidos a calentamiento de 18 horas (Figura 3.6C). De manera inversa, pero estrechamente relacionada, el aumento del pH de los frutos tratados con calentamiento intermitente aumenta durante el almacenamiento y en el período de maduración complementaria. El aumento en el pH es normal en el proceso de maduración aunque se llega hasta un estado de meseta sólo si no se han producido daños internos (Fernández-Trujillo y Artés, 1997).

El contenido de ácido succínico aumenta significativamente inmediatamente después del ciclo de calentamiento lo que hace pensar que la ma-

yor duración del ciclo de calentamiento induce una mayor actividad de enzimas asociadas al metabolismo del ácido succínico (Buescher, 1975).

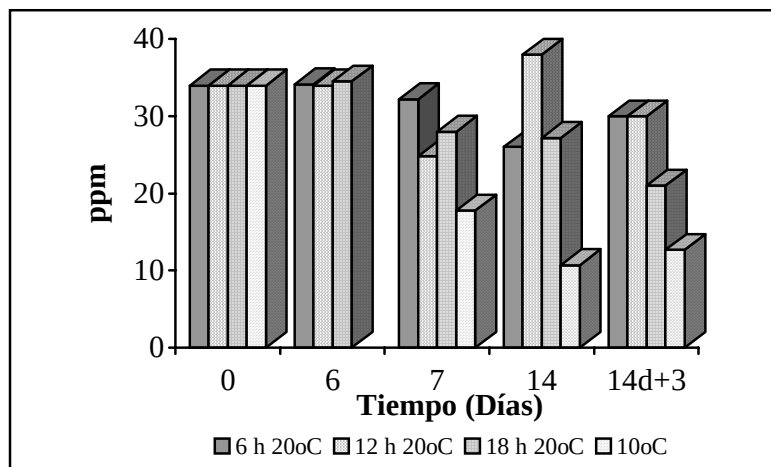
El contenido de ácido cítrico muestra tendencias similares al de los ácidos málico y succínico (Figura 3.6). Se encuentra una relación directa entre la disminución de ácido cítrico y la duración del calentamiento, la cual puede deberse a que a mayor duración del ciclo hay una mayor actividad respiratoria y en consecuencia mayor respiración de algunos metabolitos de reserva como el ácido cítrico (Wang 1994).

Figura 3.6. Ácidos orgánicos Málico, Succínico y cítrico durante el almacenamiento del fruto de araza tratado con 1 ciclo de calentamiento intermitente de 6 (A), 12(B) o 18(C) horas a 20oC y H.R.85% tras una semana a 10oC y HR del 85% y Testigo a 10oC y HR del 85%



El contenido de ácido ascórbico se mantiene en los frutos sometidos a calentamiento al compararlo con el contenido de frutos recién cosechados mientras que en los frutos control disminuye a la mitad, incluso en los frutos a 10°C. El contenido de ácido ascórbico disminuye inmediatamente después del calentamiento. El mayor contenido de ácido ascórbico al final del almacenamiento se encuentra en frutos tratados con un ciclo de 12 horas, seguido del contenido en frutos con 18 horas de calentamiento (Figura 3.7).

Figura 3.7. Ácido ascórbico durante el almacenamiento del fruto de Arazá tratado con 1 ciclo de calentamiento intermitente de 6, 12 o 18 horas a 20°C y 85% H.R, y testigo tras una semana a 10°C y HR del 85%.



Sólidos Solubles Totales y Azúcares

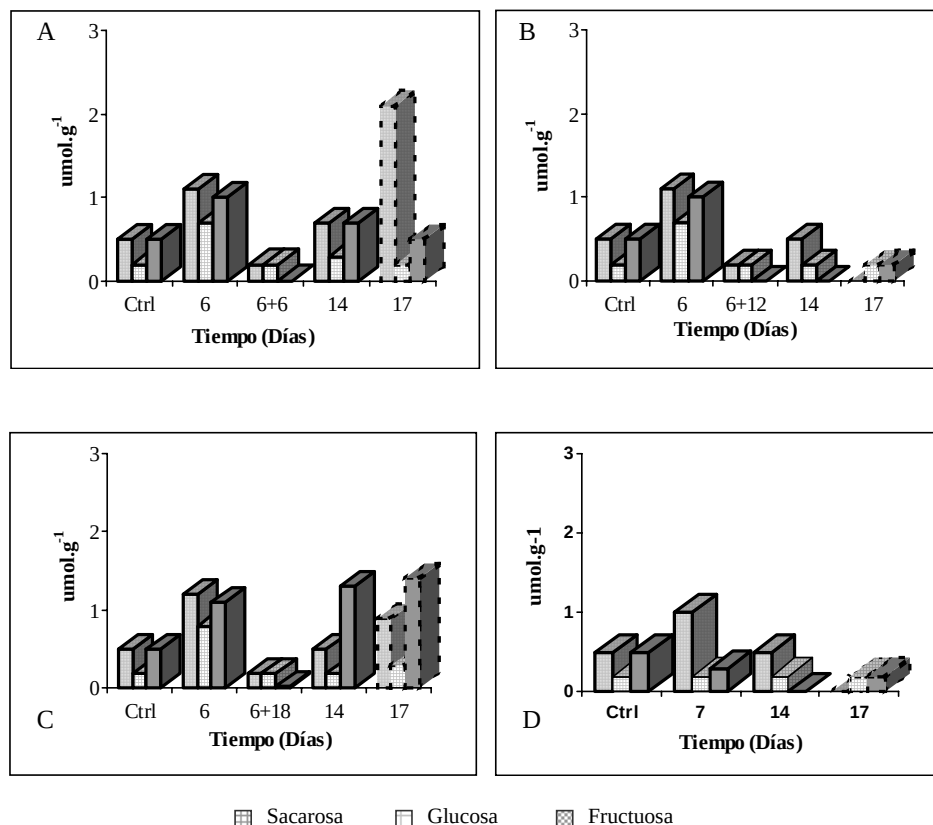
Los ciclos de calentamiento intermitente inciden de manera directa en el aumento de sólidos solubles. Esta respuesta es típica de la maduración y puede deberse al aumento de la actividad respiratoria y del metabolismo de la sacarosa.

Los contenidos de sacarosa, glucosa y fructosa aumentan durante el ciclo de calentamiento y durante el período de comercialización. La duración del ciclo no guarda una relación con el aumento de los azúcares.

Color

Los frutos de Arazá alcanzan el grado 5 de color que corresponde a unas coordenadas (L=66 ; C= 53, H=86 °). Los tratamientos de mayor duración son los que inciden positivamente en el cambio, mientras que ciclos cortos de calentamiento no conducen al cambio de color, aun en los períodos de comercialización. La disminución del viraje de color de verde a amarillo en frutos de Arazá se asocia a un deterioro de la capacidad de maduración (por ejemplo la degradación de la clorofila), como respuesta al daño por frío (Galvis y Hernández, 1993).

Figura 3.8. Sacarosa, Glucosa y Fructosa durante el almacenamiento del fruto de Arazá tratado con 1 ciclo de calentamiento intermitente de 6 (A), 12(B) o 18(C) horas a 20°C y H.R.85% tras una semana a 10°C y HR del 85% y (D) Testigo a 10°C y HR del 85%



Pérdida de peso y marchitamiento

Las pérdidas registradas en frutos acondicionados al final del período de comercialización están alrededor del 20%, lo cual está asociado con una alta actividad respiratoria y al marchitamiento que aumenta de manera directa con la duración del ciclo de calentamiento. Los mayores porcentajes de marchitamiento se presentan en frutos calentados durante 18 horas. Estos frutos presentan, en conjunto, mayor calidad, pero la mayor incidencia de marchitamiento se debe posiblemente a un aumento de la transpiración, por aumento de la temperatura durante el tratamiento.

Antracnosis y daños por frío

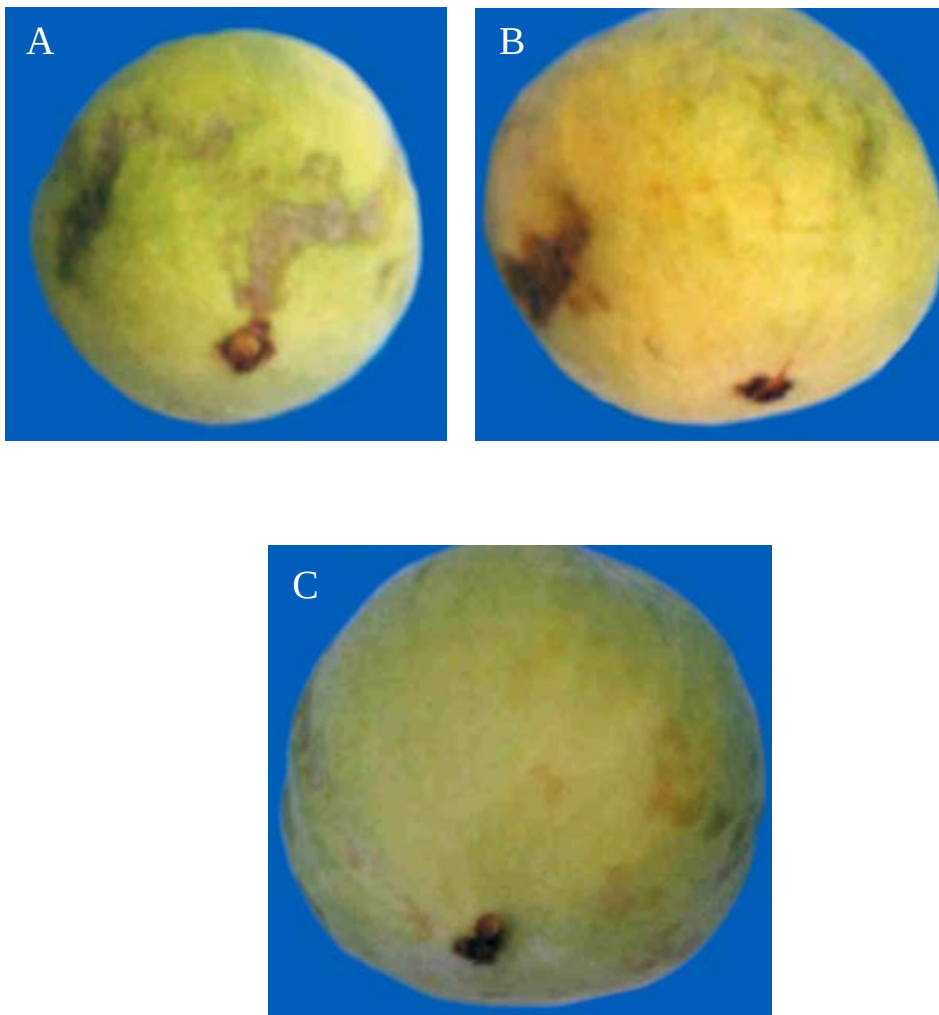
El ataque de *Gloeosporium* sp. disminuye en frutos acondicionados con ciclos de calentamiento. En los frutos tratados los ataques del hongo disminuyen hasta en un 50%. Dicha respuesta permite afirmar que el fruto de Arazá responde de manera favorable a los tratamientos de calentamiento ya que presenta menos alteraciones fisiológicas en el epicarpio ocasionadas por el frío. Dicha respuesta combinada sobre daños por frío y podredumbres ha sido encontrado también en melocotón probablemente debido a una menor incidencia de los daños por frío y a cambios en la microflora superficial del fruto (Fernández-Trujillo et al., 1997 y 1998b). La reducción de la escaldadura superficial de la manzana o la granada, o el picado del tomate, con síntomas similares al daño por frío en Arazá, también se consiguen mediante calentamientos intermitentes, en este caso de 1 día por semana a 20°C (Artés et al., 1998a y 1998b; Watkins y Alwan, 1999). A mayor duración del ciclo de calentamiento, mayor es la disminución del porcentaje de las lesiones. En el caso de los frutos calentados durante 18 horas se presentan reducciones de hasta un 75% con respecto a los frutos control. Este comportamiento fue paralelo al aumento de fructosa en los frutos del mismo tratamiento, que tal como indica Purvis (1997) se encuentra en estrecha relación con la disminución del daño por frío.

En general, el tratamiento de calentamiento intermitente disminuye la incidencia del daño por frío en frutos de Arazá, contribuye a que los frutos mantengan niveles de azúcares semejantes y aun mayores a frutos madurados a 20°C. Sin embargo, los frutos tratados muestran menor firmeza y disminución de la acidez debido a inducción de procesos de maduración. Por tanto, los daños por frío deterioran la capacidad de maduración normal del fruto.

El fruto de Arazá puede ser conservado, en buenas condiciones durante 2 semanas de almacenamiento a temperatura de 10°C si se interrumpe transitoriamente la refrigeración mediante un calentamiento de 18 horas a 20°C tras la primera semana de almacenamiento. Este tratamiento aplicado antes del período de latencia a los daños por frío se recomienda para disminuir la susceptibilidad a los mismos ya que

al promover un avance de la maduración de los frutos estos son menos sensibles al frío posteriormente.

Foto 3.8 *Frutos tratados con con calentamiento intermitente testigo (A) tratado con calentamiento 6 horas a 20oC y 75% H.R. (B) y 12 horas a 20oC y 75% H.R (C)*



Literatura citada

- Akamine, E.K., Goo, T., 1979. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. J. Am. Soc.Hort. Sci. 98: 381-383.
- Ali Z.M., Lazan H., 1997, Guava. In: S. K. Mitra (eds.). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. CABI, p. 145-165.
- Artés, F. 1995. Revisión: Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. II Tratamientos térmicos cíclicos. Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos 35(2):139-149.
- Artés, F., Cano, A., Fernández-Trujillo, J.P. 1996. Pectolytic activities during intermittent warming storage of peaches. Journal of Food Science 61: 311-313, 321.
- Artés, F., Escriche, A.J. 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. J. Food Sci. 59:1053-1056.
- Artés, F., García, F., Marquina, J., Cano, A., Fernández-Trujillo, J.P. 1998a. Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. Postharvest Biol. Technol. 14: 283-296.
- Artés, F., Tudela, J.A., Gil, M.I. 1998b. Improving the keeping quality of pomegranate fruit by intermittent warming. Z. Lebensm. Unters. Forsch. A. 207: 316-321.
- Buescher, R.W. 1975. Organic acids and sugar levels in tomato pericarp as influenced by storage at low temperature. HortScience 10: 158-159.
- Campbell, C.A. 1994. Handling of Florida-grown and imported tropical fruits and vegetables. Hortscience 29: 975-978.
- Bashir, H.A, & Abu-Goukh, A.A. 2003. Compositional changes during guava ripening. Food Chem.80, 557-563
- Biale, J.B. y R.E. Young. 1981. Respiration and ripening in fruits-Retrospect and Prospect.En: Friend, J y M.J.C. Rhodes (Eds). Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables. Academic Press Publishing. p.1-39.
- Clifford, M.N. 2000. Review. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden.J. Sci. Food Agric. 80:1063-1072.

- Concellón, A., Añón, M.C., Chaves, A.R. 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). LWT 40: 389–396.
- Fernández-Trujillo, J.P., Artés, F. 1997. Keeping quality of cold stored peaches using intermittent warming. Food Res. Intern. 30: 441-450.
- Fernández-Trujillo, J.P., Artés, F. 1998a. Intermittent warming storage of peaches packed in perforated polypropylene. LWT 31:38-43.
- Fernández-Trujillo, J.P., Cano, A., Artés, F. 1998b. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. Postharvest Biol. Technol. 13: 109-119.
- Fernández-Trujillo, J. P., Cano, A., Artés, F. 2000. Interactions among cooling, fungicide and postharvest ripening temperature on peaches. Intern. J. Refriger. 23:457-465.
- Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A. 2006. Ultrastructure of the onset of chilling injury in cucumber fruit. J.Appl. Bot. Food Qual. 80: (en prensa).
- Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, J.A. Artés, F. 1998a. Effect of cold storage on physiology and quality of Sudanell peach. Food Sci. Technol. Int. 4: 245-255.
- Fernández-Trujillo J.P., Salmerón, M.C., Artés, F. 1997. Effect of intermittent warming and modified atmosphere packaging on fungal growth in peaches. Plant Dis. 81: 880-884.
- Fernández-Trujillo, J.P., Rodríguez-Navarro, J., Artés, F. 2000. Postharvest behavior of cloned selections of 'Periana' peaches. Gartenbauwissenschaft 65: 88-92.
- Galvis, J.A., Hernández, M.S. 1993. Comportamiento fisiológico del Arazá (*Eugenia stipitata*) bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. Colombia amazonica 6: 123-134.
- García, J. M., Herrera, S., Morilla, A. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. J. Agric. Food Chem. 44: 30-33.
- Giovannoni, J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. Plant Cell 16: S170-S180.

- Harker, F.R. e I.B. Ferguson. 1989. Transport of calcium across cuticles isolated from apple fruit. *Scientia Horticulturae* 36: 205-217.
- Hernández, M.S., Arjona, H.E. Martínez O., Fernández-Trujillo, J.P. 1999. Storage disorders of Arazá fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) related to postharvest treatments. *HortScience* 34(3): 512 (Abstract).
- Hernández, M.S., Arjona, H.E., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2003b. Influence of intermittent warming treatments on the postharvest quality of Arazá fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). En: Dris, R., Sharma, A.(eds.). *Food Technology and Quality Evaluation*. Science Publishers Inc., Enfield (NH) USA - Plymouth, UK, vol. 4, cap. 43: 261-265.
- Hernández, M.S., Barrera J., Fernández-Trujillo J.P., Martínez O., Arjona H. 2002a. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la fisiología y calidad de la fruta. *Acta Hortic. (SECH)* 37:1074-1081.
- Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P. 2004. Arazá fruit. Postharvest quality maintenance guidelines. En: Gross, K.C., Saltveit, M.E. y Wang, C.Y. (eds.). *USDA Agricultural Handbook No. 66*. <http://usna.usda.gov/hb66/029Arazá.pdf>
- Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O. 2002b. Efecto del pretratamiento térmico con agua caliente en el almacenamiento de frutos de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). En: López, A., Esnoz, A., Artés, F. (Eds.). *Avances en técnicas y ciencias del frío-1* p. 341-346.
- Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O. 2003. Postharvest quality of Arazá fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) treated with calcium chloride solutions at two temperatures. *Acta Hortic. (ISHS)* 628: 653-660.
- Hernández, M.S., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2006. Behavior of Arazá fruit quality traits during growth. development and ripening. *Scientia Hortic. -Amster.-* 111: (en prensa).
- Hortensteiner, S. 2006. Chlorophyll degradation during senescence. *Ann. Rev. Plant Biol.* 57: 55-77.
- Jackman, R. L., Yada, R. Y., Marangoni, A., Parkin, K. L., Stanley, D. W. 1988. Chilling injury. A review of quality aspects. *J. Food Qual.* 11: 253-278.
- Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 207-220.

- Lurie, S., Fallik, E., Klein, J.D. 1996. The effect of heat treatment on apple epicuticular wax and calcium uptake. *Postharvest Biol. Technol.* 8: 271-277.
- Lyons, J.M., Breidenbach, R.W. 1987. Chilling injury. In: Weichman, J. (Eds.). *Postharvest physiology of vegetables*. Marcel Dekker:New York, p. 305-326.
- Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., Garcia-Velasco, M.A. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 143-150.
- Parkin, K.L., A. Marangoni, R.L. Jackman, R.Y. Yada y D. W. Stanley. 1989. Chilling injury. A review of possible mechanisms. *Journal of Food Biochemistry* 13: 127-153.
- Paull et al.,
- Pinedo, M., Tangoa, J., Delgado, F., 1989. Descriptor para araza <Araza descriptors> Technical brief 12. Nat.l Inst. Agric. Agroind. Res. Perú, pp. 1-18.58p.
- Purvis, A.C. 1997. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. *HortScience* 32: 1165-1168.
- Rogez, H. Buxant, R., Mignolet, E., Souza, J., Silva, E., Larondelle, Y., 2004. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araca-boi (*Eugenia stipitata*), bacurí (*Platonia insignis*) and cupuacu (*Theobroma grandiflorum*). *Eur. Food. Res. Technol.* 218: 380-384.
- Reyes, M.U. y R. Paull. 1995. Effect of storage temperature and ethylene treatment on Guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology* 6: 357-365.
- Saftner, R.A., W.S. Conway y C.E. Sams. 1998 a. Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123 (2): 294-298.
- Saltveit, M.E. Jr., Morris, L.L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. In C.Y. Wang (eds). *Chilling injury of horticultural crops*. CRC Press Inc., p 4-15.
- Sams, C.E. y J. E. Conway. 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of 'Golden Delicious' apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109:53-57.

- Seymour, G.B., J.E. Taylor y G.A. Tucker. 1993. Introducción. En: Seymour, G.B., J.E. Taylor y G.A. Tucker (eds). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, U.K. p. 1-52.
- Taylor, M., Ramsay, G. 2005. Carotenoid biosynthesis in plant storage organs: recent advances and prospects for improving plant food quality. *Physiol. Plant.* 124:143-51.
- Tingwa, P.O., y R.E.Young. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persea americana* Mill). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 99: 540-542.
- Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *HortScience* 17: 173-186.
- Wills, R., Mc Glasson, B. Graham D., Joyce, D. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CABI Pub., p. 97-112.
- Wang, T., Shiesh, C. 1990. Fruit growth, development and maturity indices of 'Irwin' mango in taiwan. *Acta Hort.* -ISHS- 269: 189-197.
- Wang, C.Y. 1993. Approaches to reduce chilling injury of fruit and vegetables. *Hortic. Rev.* 15: 63-95.
- Wang, C.Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29: 986-996.
- Watkins, C.B., Alwan, T.F. 1999. Intermittent warming effects of superficial scald development of 'Cortland', 'Delicious' and 'Law Rome' apple fruit. *Postharvest Biol Technol.* 16: 203-212.
- Yamaki, S. 1995. Physiology and metabolism of fruit development. *Acta Hort.* (ISHS) 398: 109-120.

1-MCP y atmósferas modificadas la mejor alternativa para conservación poscosecha de frutos de arazá

**Marcela Carrillo¹,
María Soledad Hernández¹,
Lina Gallego²,
María Lucía González³,
Adriana Carolina Peña³,
Jaime Alberto Barrera¹,
Orlando Martínez⁴,
Juan Pablo Fernández-Trujillo⁵**

¹Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Colombia

²Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia

³Ingeniera Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia

⁴Universidad de los Andes Instituto de Genética. Colombia

⁵Universidad Politécnica de Cartagena. (Murcia). España

El Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) es una fruta climatérica cuyo proceso de maduración es regulado por la acción del etileno (Hernández et

al., en prensa). Posee una vida útil de 72 horas a temperatura ambiente en el Departamento del Caquetá (Hernández, et al., 2002), lo cual puede estar asociado al patrón de CO_2 y a la producción de etileno o al contenido de materia seca (Rogez, et al., 2004). La fruta tampoco posee tejido de sostén, por lo que es susceptible al daño mecánico y por su alto contenido de agua es fácilmente atacable por microorganismos (Hernández et al., 2002 y en prensa). Características tales como antracnosis, ablandamiento, oscurecimiento de la piel y rápido cambio de color limitan la comercialización en fresco de esta fruta promisorio de la región amazónica colombiana (Hernández y Fernández-Trujillo, 2004).

1.1-Metilciclopropeno (1mcp) en la conservación de frutos de arazá

El estudio de la conservación de productos frescos permitió hace años llegar a la identificación del gas etileno (C_2H_4) como la hormona clave en la maduración de ciertas especies. Como consecuencia de ello se han desarrollado tecnologías con el fin de reducir su acción, entre las cuales destacan las tecnologías de conservación refrigerada. El etileno juega un mayor papel en el proceso de maduración de frutas climatéricas (Génard & Gouble, 2005), y parámetros de maduración tales como parte del ablandamiento (Haji et al., 2003; Hiwasa et al., 2003), cambio de coloración de la epidermis y producción de buena parte de los aromas dependen fuertemente de la producción de etileno (Rupasinghe et al., 2000; Alexander y Grierson, 2002).

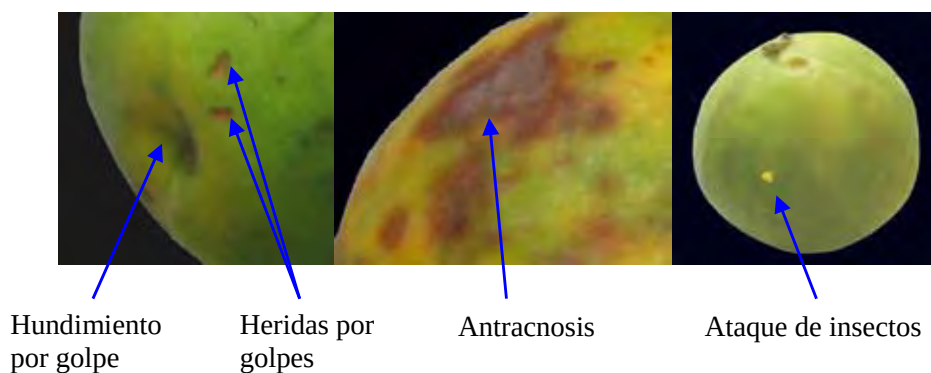
Como una alternativa para inhibir la acción del etileno en las plantas se utiliza el 1-Metilciclopropeno (1-MCP), que es un gas bloqueador de los receptores de etileno. Este producto puede prevenir por periodos prolongados los efectos inducidos por este en los tejidos de las mismas. Aparentemente este se une de manera irreversible a los receptores del etileno (Serek et al., 1994; Sisler y Serek, 1997) retrasando la maduración y senescencia en frutos de diferentes especies climatéricas como guayaba (Bassetto et al., 2002), pera (Kluge y Jacomino, 2002), aguacate (Feng et al., 2000), banana (Sisler y Serek, 1997, Golding et al., 1998,

Jiang y Joyce, 1999) y tomate (Fernández-Trujillo y Sánchez, 2003; Sisler y Serek, 1997) entre otros. El 1-MCP no es tóxico y es seguro para los animales, humanos y el medio ambiente (Blankenship y Dole, 2003), aunque pese a ello no ha completado todavía su registro y por tanto no está autorizado en Europa.

1.1 Aplicación del 1-MCP

El tratamiento con 1-MCP es aplicado en los frutos de Arazá recién cosechados en estado 2 de madurez (Figura 3.1 y Tabla 3.1), sanos con mínimo daño mecánico (sin rajaduras ni orificios, con golpes prácticamente ausentes en la superficie de la fruta), y ausencia de ataque de insectos y/o hongos (Foto 4.1). El daño mecánico debe ser evitado porque ocasiona pérdidas de agua, ingreso de patógenos a través de la ruptura que puede no ser aparentemente visible, y aumento de la tasa respiratoria del producto y del etileno de herida, entre otros. La dosis utilizada es de 1000 ppb se aplica dentro de una cámara hermética a temperatura ambiente y humedad relativa del lugar de cosecha o acopio (habitualmente $20 \pm 1^\circ\text{C}$ y 75 % HR).

Foto 4.1 Detalle de daños mecánicos, Antracnosis (*Gloesporium* sp) y ataque de insectos



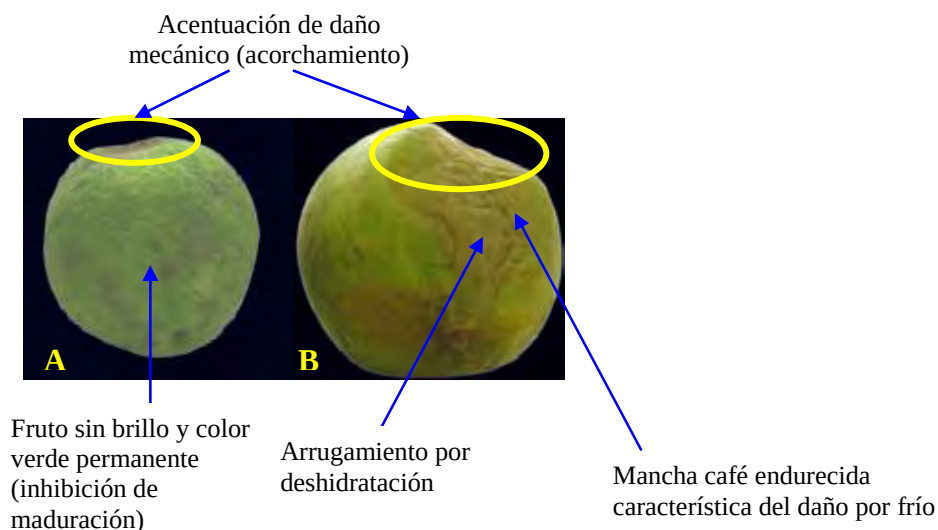
Se recomienda aplicar el producto tras la recolección, ya que en frutos climatéricos el retraso en la aplicación del producto desde el centro de cultivo al de acopio puede reducir la efectividad del tratamiento al progresar la maduración del fruto. El 1-MCP comercial utilizado para la

aplicación fue EthylBloc el cual contiene 0.14% de ingrediente activo. La dosis de 1000 ppb ($\text{nL} \cdot \text{L}^{-1}$) de 1-MCP se obtiene con 1 gramo de producto por m^3 de la cámara hermética, utilizando además por cada gramo de producto 10-50 mL de buffer para liberar el 1-MCP en forma gaseosa de su matriz inerte. Las temperaturas de aplicación del producto han estado entre 20°C y 80%H.R y 27°C y 85%H.R, ya que aplicación del retardante a baja temperatura no tiene mejores resultados que los ya establecidos con dichas temperaturas (Tabla 4.1).

1.2 Efectos de las bajas temperaturas de almacenamiento

Las bajas temperaturas de almacenamiento por tiempos prolongados ocasionan daños por frío que son característicos de los frutos tropicales expuestos durante más de 3-5 días a temperaturas inferiores a 10-13°C, y siempre superiores a la del punto de congelación. Este daño se caracteriza por debilitamiento de los tejidos a causa de su incapacidad de llevar a cabo los procesos metabólicos normales (Wang, 1994). El tratamiento con 1-MCP no evita los daños por frío en Arazá, almacenado a 10°C o a temperaturas inferiores (Foto 4.2).

Foto 4.2. Daños por frío característicos en frutos de Arazá almacenados a 7°C. A: Fruto control (sin tratamiento). B: Fruto 1-MCP (tratado)

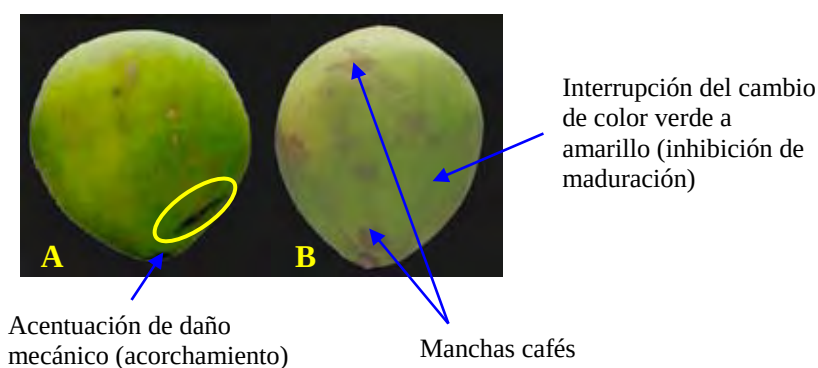


Los síntomas del daño por frío tras 7 días a 7°C, en Arazá se manifiestan por la interrupción del característico viraje de color de los frutos (quedándose un color verde permanente), desarrollo de escaldadura y “manchas café” y la pérdida de brillo (Hernández et al., 2005, Carrillo et. al., 2006 a, b).

1.3 Efectos del tiempo de exposición al 1-MCP

Tiempos de exposición al 1-MCP superiores a 1 hora (12 y 16h, Tabla 4.1) minimizan la maduración del fruto evidenciada por la interrupción en el cambio de color y disminución del ablandamiento característico de manera permanente (Foto 4.3).

Foto 4.3. Efecto de exposiciones al 1-MCP(1000 ppm) durante (A)12 horas o (B)16 horas en frutos de Arazá almacenados a 12oC



1.4 Aplicación del 1-MCP en frutos en diferentes estados de madurez

La aplicación del 1-MCP en frutos de Arazá en estados de madurez avanzados (superiores al estado 2), tienen un efecto mucho menor en la prolongación de la vida útil del producto. Sólo se ha reportado un leve retraso en el ablandamiento de los frutos (Carrillo et. al., 2006).

Tabla 4.1 Efectos del 1-MCP sobre la calidad del Arazá

ESTADO DE MADUREZ	TRATAMIENTO		EFECTOS			
	Aplicación	Condic. Almacenam.	Emis. CO ₂	Prod. C ₂ H ₄	Color	
					L	C
Verde-maduro L=50-54 C=32-35 H=100-105	1 hora 20°C y 70%HR	7±1°C 90-95%HR	Controló incrementos de CO ₂	Sin influencia significativa	Sin influencia significativa	Conservó Incrementó en M.C
		10±1°C 90-95%HR	Retrasó emisión			Redujo
		12±1°C 90-95%HR	Retrasó emisión	Retrasó producción en M.C	Redujo pérdida en M.C	Redujo pérdida en M.C
		18±1°C 70%HR	Sin influencia significativa		Incrementó lentamente	Sin influencia significativa
	6 h 20°C y 70%HR	10±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa		Redujo	Redujo Evitó pérdida en M.C
	12 h 20°C y 70%HR	12±1°C 90-95%HR	Retrasó emisión durante M.C	Retrasó producción	Redujo Previno pérdida en M.C	Redujo
	16 h 7±1°C ó 12±1°C y 90-95%HR	7±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa	Retrasó producción	Redujo	Conservó
		12±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa		Redujo	Conservó
	Ensayo Comercial 1 h 27°C y 80±5%HR	13°C 80±5%HR	Suprimió pico climatérico	Inhibió emisión	Retrasó cambio	Retrasó cambio
		27°C 80±5%HR	Sin influencia significativa	Sin influencia significativa	Retrasó cambio	Aumentó
Verde-amarillo L=65-67 C=52-54 H=86-92	1 h 20°C y 70%HR	7±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa	Sin influencia significativa	Incrementó	Sin influencia significativa
	16 h 7±1°C ó 12±1°C y 90-95%HR	7±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa		Sin influencia significativa	Sin influencia significativa
		12±1°C 90-95%HR	Sin influencia significativa		Sin influencia significativa	

M.C: Periodo de maduración complementaria

H	Pérdida de Peso	Firmeza	SST	Apariencia
Retrasó cambio	Sin influencia significativa	Retrasó pérdida		Redujo pero no evitó daño por frío y antracnosis Inhibió maduración Frutos permanecieron verdes
Retrasó cambio	Previene pérdida en M.C	Conservó		Redujo marchitamiento y antracnosis Cambio el color verde a verde-amarillo
Retrasó cambio	Previene pérdida	Conservó	Retrasó pérdida	Redujo antracnosis durante M.C Retrasó ablandamiento, marchitamiento y oscurecimiento Cambio el color verde a verde-amarillo Aumentó vida útil
Retrasó levemente el cambio	Previene pérdida	Sin influencia significativa		Retrasó marchitamiento Redujo antracnosis Cambio el color verde a verde-amarillo
Retrasó cambio	Previene pérdida en M.C	Conservó		No evidenció ningún efecto positivo Cambio el color verde a verde-amarillo
Retrasó cambio	Sin influencia significativa	Evitó ablandamiento	Sin influencia significativa	Inhibió maduración No previno excesivo marchitamiento y oscurecimiento Frutos aun verdes y opacos
Enlentece cambio.	Sin influencia significativa	Conservó Evitó excesiva pérdida en M.C	Conservó niveles	Redujo ablandamiento, marchitamiento y oscurecimiento Inhibió maduración Frutos aun verdes y opacos
Retrasó cambio	Sin influencia significativa	Retrasó ablandamiento	Retrasó pérdida	Retrasó oscurecimiento, ablandamiento, marchitamiento y antracnosis Inhibió maduración Frutos aun verdes y opacos
Retrasó levemente el cambio	Previene pérdida	Retrasó ablandamiento	Sin influencia significativa	Retrasó antracnosis Aumentó vida útil
Retrasó levemente el cambio	Previene pérdida	Retrasó ablandamiento	Conservó niveles	Retrasó antracnosis y ablandamiento
Sin influencia significativa	Sin influencia significativa	Conservó		No evitó antracnosis Retrasó ablandamiento
Sin influencia significativa	Sin influencia significativa	Conservó	Sin influencia significativa	Retrasó ablandamiento
Sin influencia significativa	Previene pérdida	Sin influencia significativa	Conservó niveles	No evidenció ningún efecto positivo

1.5 Efectos del 1-MCP en condiciones de maduración y refrigeración

La refrigeración es definitiva en la conservación del fruto tratado, por el contrario altas temperaturas de manipulación, como son los sitios de producción disminuyen el beneficio del uso del retardante, a temperaturas de $27\pm3^{\circ}\text{C}$ and $80\pm5\%$ (Tabla 4.1) el tratamiento reduce la emisión de etileno con niveles por debajo de $12\ \mu\text{LC}_2\text{H}_4.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, disminuye pérdidas de peso en un 7%, aproximadamente, retrasa el ablandamiento en un 55% así como en un 20% la incidencia de antracnosis. Características de acidez y dulzor se mantienen, sin embargo, el tiempo de conservación no supera la semana. (Figura 4.1).

A los beneficios ya anotados, en condiciones de maduración ideales 20°C y 85% H.R, el 1-MCP disminuye el marchitamiento, la incidencia de antracnosis y retrasa el cambio de color (Dávila et. al., 2003).

En condiciones de refrigeración, estos efectos benéficos se magnifican incrementando la vida útil del producto por lo menos en un 50% del tiempo, debido, en parte a la reducción del índice de respiración durante el almacenamiento y en los períodos de comercialización o maduración complementaria (Dávila et al., 2003; Hernández et al., 2005).

Foto 4.4. Cambio en la apariencia de frutos de Arazá (A) Control y (B) 1-MCP almacenados 4 días a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$.

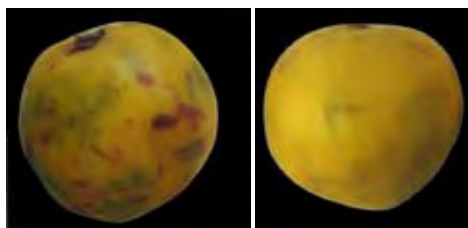


Foto 4.5. Apariencia de frutos de Arazá (A) Control y (B) 1-MCP almacenados 7 días a $13\pm2^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$ y luego sometidos a un periodo de maduración complementaria (1 día a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$).

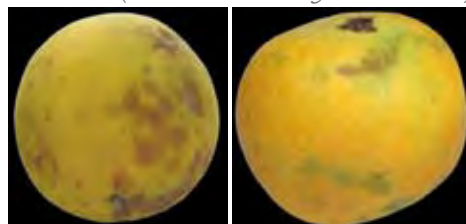


Foto 4.6 Apariencia de frutos de Arazá almacenados 7 días a $12\pm1^{\circ}\text{C}$ y 90-95% HR y sometidos a un periodo posterior de maduración complementaria (3 días a 20°C y $70\pm5\%$ HR) bajo dos tratamientos. (A) Control. (B) 1000 ppb 1-MCP.



Figura 4.1 Composición de frutos de Arazá control y con 1000 ppb de 1-MCP almacenados a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ and $80\pm5\%$ HR y $13^{\circ}\text{C}\pm2^{\circ}\text{C}$ and $80\pm5\%$ HR. (A) Acido ascórbico, (B) Acido cítrico y (C) Acido málico Las líneas punteadas indican el periodo de maduración complementaria periodo (1 día a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%$ HR).

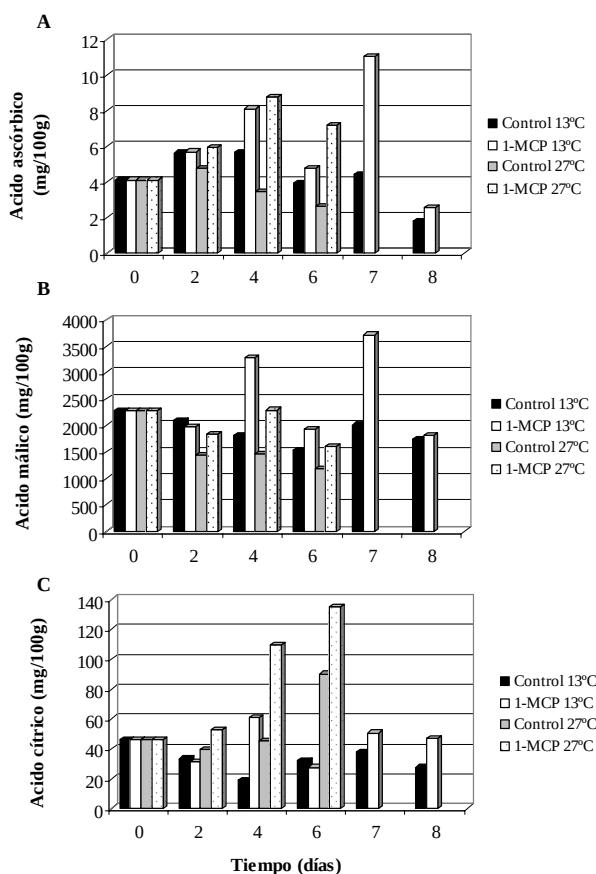


Figura 4.2 Comportamiento fisiológico en frutos de Arazá control y tratado con 1000 ppb de 1-MCP almacenados a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$ y a $13^{\circ}\text{C}\pm2^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$. (A) Tasa respiratoria y (B) Firmeza de la pulpa. Las líneas punteadas indican el periodo de maduración complementaria periodo (1 día a $27\pm3^{\circ}\text{C}$ y $80\pm5\%\text{HR}$)

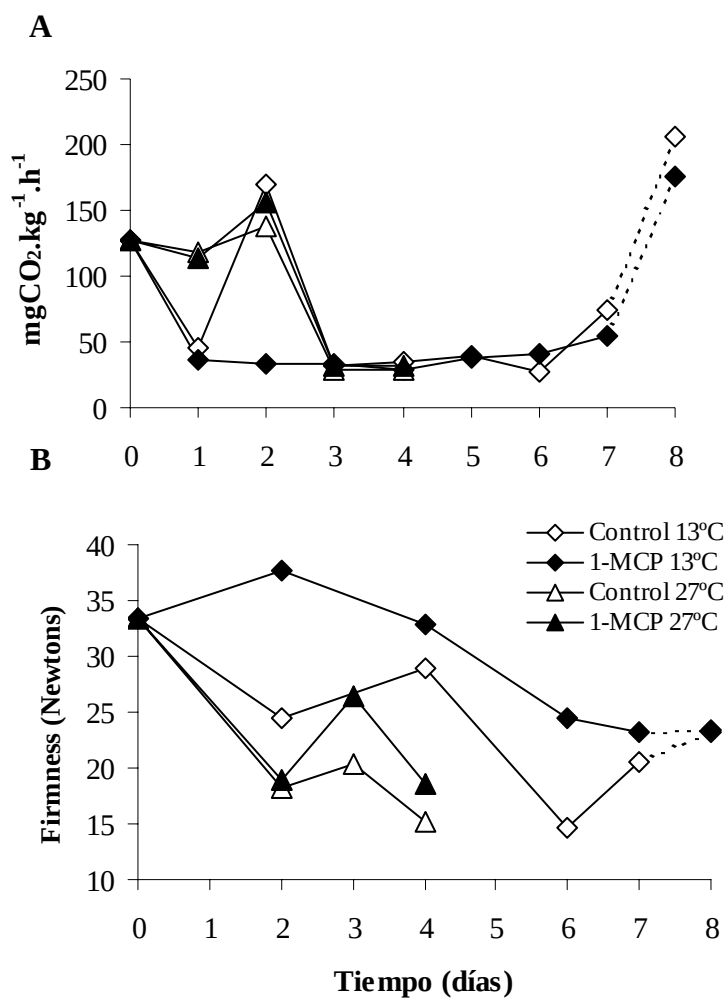


Figura 4.3 Comportamiento fisiológico del fruto de Arazá con o sin tratamiento con 1000 ppb de 1-MCP y posteriormente almacenados a 12°C y 90±5%HR.A) Tasa respiratoria (B) Pérdida de peso. Las líneas punteadas indican el periodo de maduración complementaria periodo (3 días a 18°C y 75% HR).

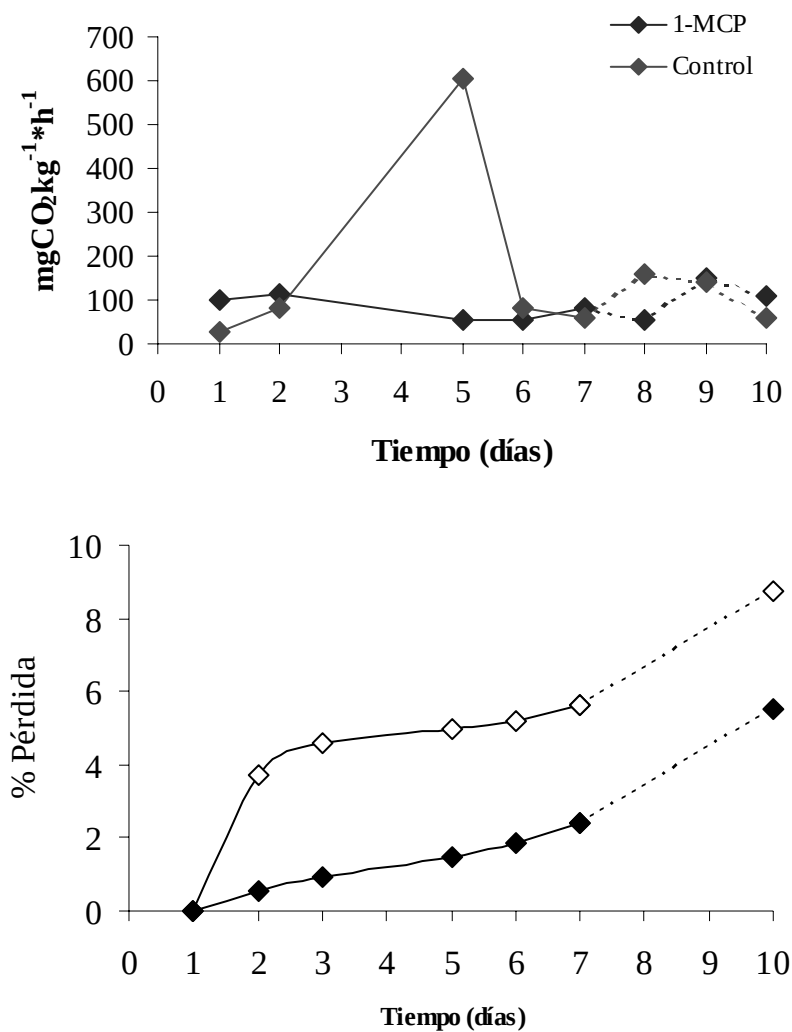
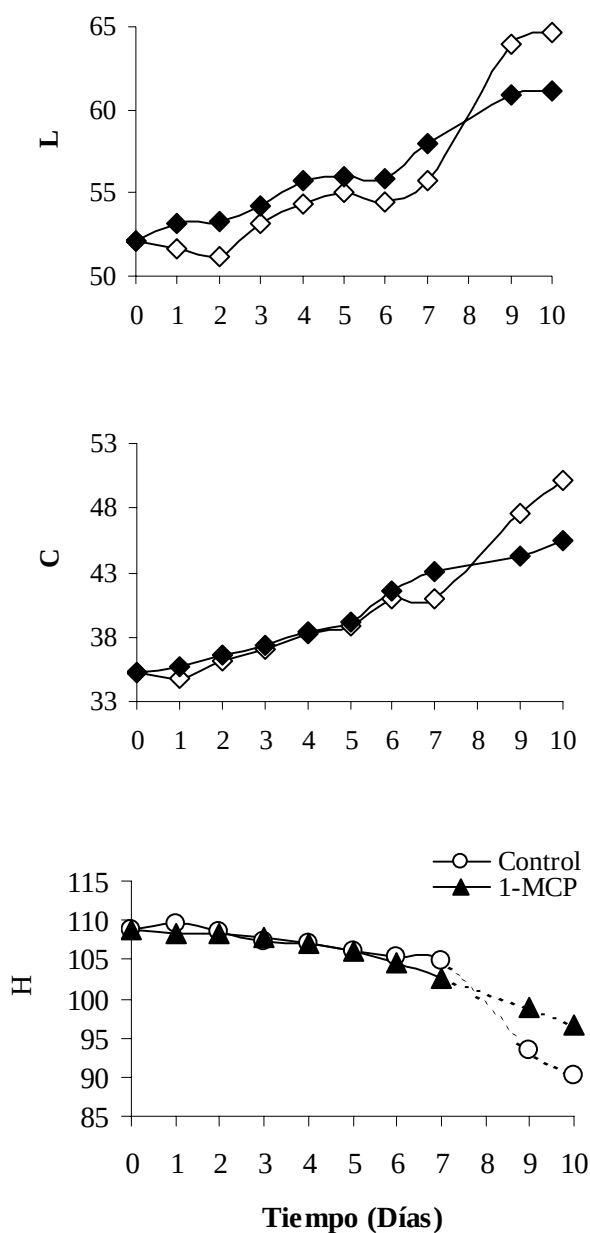


Figura 4.4 Cambio en las coordenadas de color del fruto evaluados por colorimetría de reflexión de frutos de Arazá control y 1000 ppb de 1-MCP almacenados a 12°C y 90±5%HR. (A) Luminosidad, (B) Croma y (C) Angulo Hue Las líneas punteadas indican el periodo de maduración complementaria periodo (3 días a 18°C y 75% HR).



En general, el tiempo de exposición al 1-MCP recomendado para frutos recién recolectados es 1 hora en concentración de 1000 ppb a temperatura ambiente (centro de acopio o lugar de cosecha). Las condiciones de almacenamiento posterior recomendadas para mejorar y prolongar la calidad de los frutos de Arazá son $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ y 90-95% HR.

Especialmente en las condiciones recomendadas, el tratamiento 1-MCP durante 1 hora mejora la calidad del Arazá durante el almacenamiento y el período de maduración complementaria, especialmente cuando la fruta es cosechada en estado de madurez 2 (verde-maduro).

2. Uso de la atmósfera modificada para mantener la calidad del fruto de arazá

Las atmósferas modificadas (AM) consisten en una modificación de la composición gaseosa circundante al fruto con el fin de reducir los procesos metabólicos y la respiración del fruto y de este modo mantener en lo posible su calidad (Kader, 1994; Kader et al., 1989). El uso de las AM es un coadyuvante a un adecuado manejo de temperatura y HR. Sus efectos dependen no sólo del tipo de producto, sino también de la concentración de gases y el tiempo de almacenamiento, así como de los polímeros plásticos o películas utilizadas. La AM no deja residuos en el fruto y como coadyuvante de la refrigeración puede reducir la incidencia del daño por frío. Igualmente retrasa los procesos de maduración y senescencia, disminuyendo la tasa respiratoria, inhibiendo la producción y acción del etileno, y las pérdidas de peso (Kader et al., 1989).

2.1 Evaluación de la efectividad de dos películas de empaque y cuatro atmósferas modificadas

El almacenamiento en condiciones de atmósfera modificada constituye una alternativa muy promisoría en la conservación del fruto fresco de Arazá. Las pérdidas en peso y las pudriciones se reducen en más del 50% cuando éstos son almacenados en bolsas de polietileno y sin modificación activa de la atmósfera inicial. El color y la textura de los frutos se

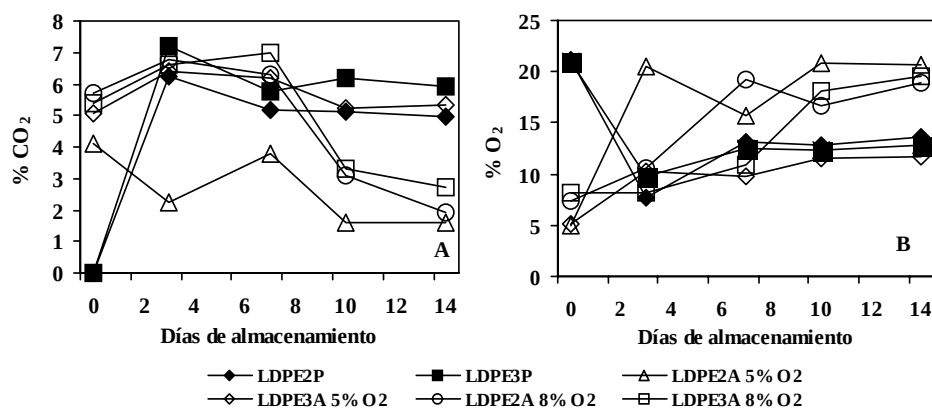
mantienen por más tiempo, y los ácidos orgánicos y los azúcares mantienen niveles mayores, retrasando la senescencia de los frutos.

Los resultados obtenidos permiten inferir que una combinación adecuada de gases a una temperatura menor a la temperatura crítica de almacenamiento prolonga la vida de poscosecha del fruto de Arazá.

El polietileno de baja densidad de calibres 38 μ m (LDPE-2) y 74 μ m(LDPE-3) han sido utilizados exitosamente en la generación de atmósferas modificadas para los frutos de Arazá. Los períodos de almacenamiento se han extendido hasta por dos semanas con períodos de comercialización de mínimo 3 días. El cambio de color se da de manera uniforme, mientras que la pérdida de peso no supera al 5%. En el caso del polietileno de mayor calibre(LDPE-3) las concentraciones internas de CO₂ y O₂ inhiben en algunas ocasiones el cambio de color, haciendo suponer una sensibilidad del fruto a altas concentraciones del dióxido de carbono.

Atmósfera de almacenamiento de 5kPaCO₂;5kPaO₂,y5kPaCO₂;8kPaO₂ así como sin modificación inicial o con microperforación, han mostrado efectos positivos en la conservación de la calidad del fruto de Arazá, siendo las atmósferas con mayor concentración de O₂ las de mayor potencial para su conservación. Sin embargo, la alta actividad respiratoria del fruto hace, en ocasiones difícil alcanzar el equilibrio en la atmósfera interna de almacenamiento.

Figura 4.5. Composición de CO₂ y O₂ dentro de las bolsas con frutos de Arazá (n= 2 bolsas, 3 frutos por bolsa). Almacenamiento en polietileno de baja densidad LDPE-2 LDPE-3 (38 ó 74 μ m de espesor) a 10°C. Los símbolos huecos indican atmósfera modificada (AM) pasiva y los símbolos rellenos AM activa.



2.2 Efectos de la AM sobre parámetros fisicoquímicos y de calidad

Firmeza de la pulpa

La firmeza disminuye en frutos tratados con atmósferas modificadas, sobre todo cuando se utilizan polietilenos de mayor calibre lo cual puede atribuirse a una acumulación de CO_2 al interior de la bolsa que acelere algún proceso de daño interno o el proceso de senescencia del fruto (Kader et al, 1989).

Las películas de menor densidad mantienen firmes los frutos por mas tiempo debido a que esta película presenta una mayor permeabilidad al O_2 , lo cual incide de manera directa en una mayor disponibilidad de oxígeno al interior de la bolsa y menor acumulación del CO_2 , que puede estar asociado con el ablandamiento del fruto.

pH

Los valores del pH en los frutos almacenados aumentan de 2.6 a 3.0 unidades. Los frutos empacados en atmósfera modificada activamente con 5% de CO_2 y 5% de O_2 , independientemente del calibre del polietileno, exhiben los mayores valores de pH, mientras que los niveles más bajos, los presentan los frutos empacados en los dos tipos de polímeros con atmósfera modificada SI. Podría suponerse que concentraciones de 5% de CO_2 , o superiores, en el interior de las bolsas LDPE-3 ocasionan acidificación del fruto y disminución en el pH. Ke et al. (1993) encontraron que el CO_2 disminuye la acción de enzimas como la succinato deshidrogenasa ocasionando la acumulación del ácido succínico, lo que contribuye a una acidificación del producto. El pH de los frutos control en empaque microperforado aumenta durante la primera semana de almacenamiento y disminuye al final de la segunda semana y tras el período de maduración complementaria.

Acidez Total Titulable

La acidez total titulable (AT) de los frutos de Arazá disminuye en todos los tratamientos. La mayor disminución se registra en los frutos almacenados en la atmósfera de 5kPa CO_2 ;5kPa O_2 , en LDPE-2 lo cual

coincide con el mayor aumento en el pH. Por el contrario, en los frutos almacenados en la atmósfera $5\text{kPaCO}_2;8\text{kPaO}_2$ la acidez total se mantiene, acompañada de un aumento del contenido de ácido málico.

Ácidos orgánicos

El contenido de ácido málico los frutos muestra una tendencia a disminuir durante el almacenamiento, en todos los tratamientos empacados en LDPE-2. La mayor retención de ácido málico se presenta en los frutos empacados con modificación de la atmósfera al inicio del ensayo, con las dos mezclas evaluadas en el polietileno LDPE-3. El comportamiento del contenido de ácido málico es una respuesta a la disminución de la actividad respiratoria, como resultado de la modificación de la atmósfera, y también ha sido observado como respuesta inespecífica en fresas bajo alto nivel de CO_2 (Fernández-Trujillo et al., 1999). En las bolsas microperforadas del mismo polietileno los contenidos de ácido málico se mantienen desde el inicio del almacenamiento con disminución significativa al final de la maduración complementaria.

El ácido succínico de los frutos aumenta durante las dos semanas de almacenamiento en los frutos empacados en LDPE-2 con atmósfera modificada de $5\text{kPaCO}_2;5\text{kPaO}_2$, y atmósfera modificada SI. Los frutos empacados con atmósfera de $5\text{kPaCO}_2;8\text{kPaO}_2$ y en bolsa microperforada exhiben disminución del contenido de ácido succínico en el tratamiento de empaque en bolsa microperforada, mientras éste mantiene sus niveles en los frutos empacados en atmósfera modificada SI y con inyección de $5\text{kPaCO}_2;8\text{kPaO}_2$ (Figuras 4.6 y 4.7). En el polietileno LDPE-3 con modificación activa del $5\text{kPaCO}_2;5\text{kPaO}_2$, $5\text{kPaCO}_2;8\text{kPaO}_2$ el contenido de ácido succínico aumenta de manera significativa durante el almacenamiento (Figura 4.7). Este comportamiento puede deberse a la disminución de la actividad de la succinato deshidrogenasa SDH como consecuencia de los altos niveles de CO_2 (superiores al 6%) en la atmósfera de almacenamiento en dichos tratamientos. Ke et al. (1993) y Mathooko (1996) reportan que en frutos y en hortalizas, concentraciones de CO_2 a niveles superiores a las críticas, disminuyen la actividad de las enzimas asociadas al ciclo de los ácidos tricarboxílicos con la conse-

cuenta acumulación de ácidos orgánicos. La actividad de la succinato deshidrogenasa decrece cuando el pH citoplasmático cambia a valores en los cuales la enzima se inactiva. Fernández-Trujillo et al. (1999) han encontrado en fresa que la mayor acumulación de succinato estuvo relacionada con una mayor tolerancia de los frutos al alto nivel de CO_2 , medida como ausencia de fermentación, y han propuesto diferentes mecanismos para explicar esta acumulación.

El ácido cítrico se encuentra en niveles bajos en el fruto de Arazá, si se le compara con frutos de la misma familia como la guayaba y la feijoa (Ali y Lazan, 1997). El contenido de ácido cítrico disminuye de manera significativa en todos los tratamientos (Figura 4.8), durante el almacenamiento y los períodos de maduración complementaria, mientras que aumenta en los frutos almacenados en LDPE-3 con inyección de AM del $5\text{kPaCO}_2; 5\text{kPaO}_2$. Esta tendencia no coincide con la exhibida por los contenidos de los ácidos málico y succínico, lo cual podría explicarse como que la actividad de la enzima citrato deshidrogenasa no se ve afectada en el fruto almacenado en estas condiciones.

Los mayores contenidos de ácido ascórbico se encontraron en frutos almacenados con modificación activa de $5\% \text{CO}_2; 8\% \text{O}_2$. Al final del período de maduración complementaria los contenidos de la vitamina alcanzan 34ppm para frutos empacados en LDPE-2 y de 32 ppm en aquellos empacados en LDPE-3 (Figura 4.8). En términos generales se encuentra que el contenido de ácido ascórbico aumenta o se mantiene en todos los tratamientos. Lee y Kader (2000) reportan que el almacenamiento bajo condiciones de atmósfera modificada ayuda a la conservación del ácido ascórbico en frutos almacenados en condiciones de refrigeración, más aun cuando se trata de temperaturas por debajo de la crítica.

En el caso del Arazá se puede afirmar que la condición de atmósfera modificada mantiene los contenidos de vitamina C, desacelerando su degradación por efectos de la refrigeración y del tiempo.

Figura 4.6 Efecto del almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada (A) Activa 5 kPa CO₂ y 5 kPa O₂, (B) Activa 5 kPa CO₂ y 8 kPa O₂ (C) S.I. y (D) MPF en LDPE-2 en el contenido de ácidos succínico y cítrico (n=2). La línea punteada corresponde a los períodos de maduración complementaria (MC).

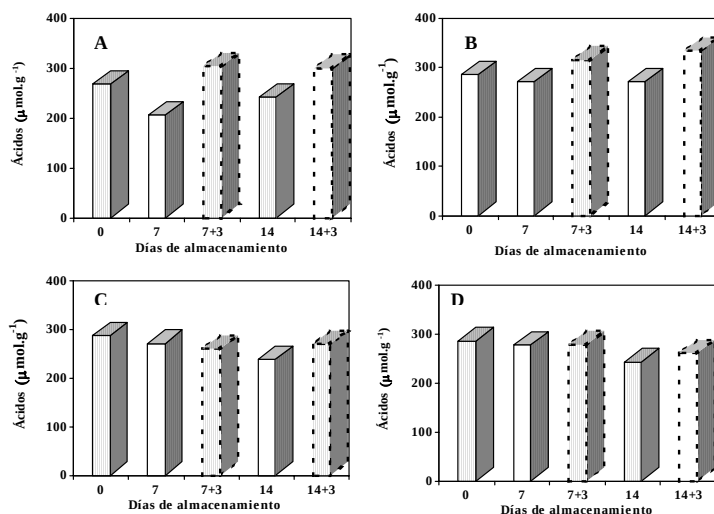


Figura 4.7 Efecto del almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada (A) Activa 5 kPa CO₂ y 5 kPa O₂, (B) Activa 5 kPa CO₂ y 8 kPa O₂ (C) S.I. y (D) MPF en LDPE-3 en el contenido de ácido succínico y de ácido cítrico (n=2). La línea punteada corresponde a los períodos de maduración complementaria (MC).

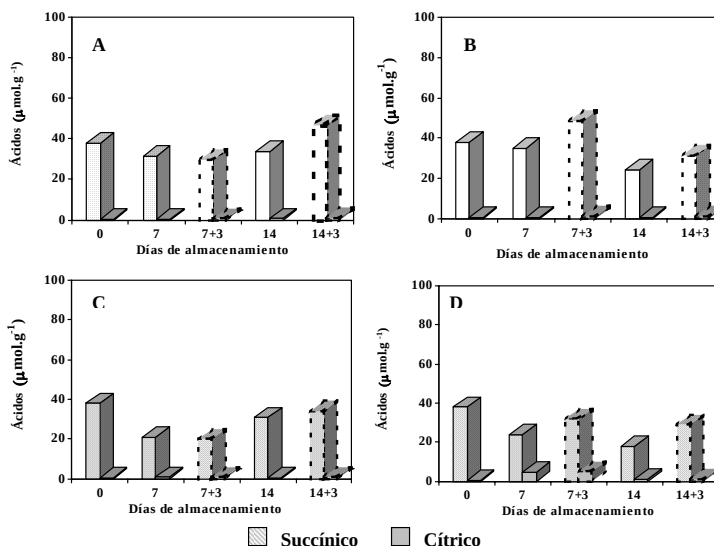
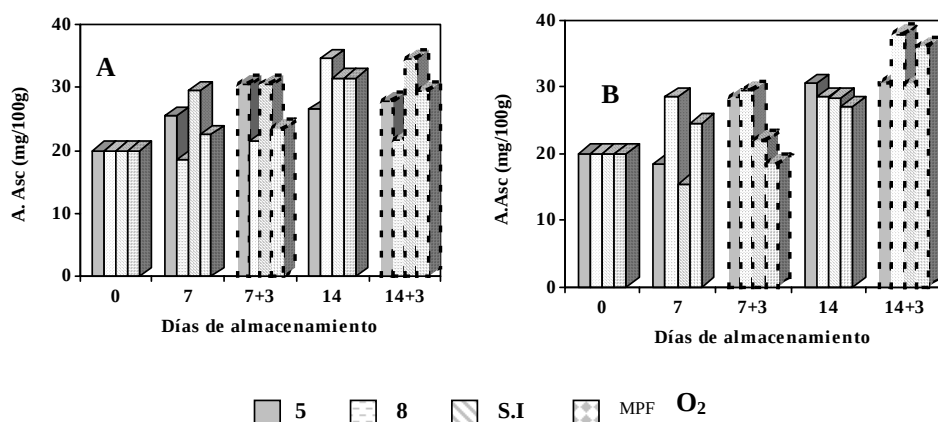


Figura 4.8 Efecto del almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada sobre el contenido de ácido ascórbico empacados en polietileno de baja densidad (A) LDPE-2 (38 μm) y (B) LDPE-3 (74 μm) ($n=2$).



Sólidos Solubles Totales (SST)

Los frutos almacenados en bolsas microperforadas LDPE-2 muestran el mayor aumento en el contenido de SST con un valor de 5.5%, mientras que los frutos empacados en bolsas de polietileno LDPE-3, tanto en atmósfera modificada activamente como microperforada, presentan los niveles más bajos de SST después del almacenamiento y tras la maduración complementaria. Los frutos almacenados en bolsas LDPE-2, tanto con atmósfera SI como microperforada, alcanzan en promedio mayores niveles de SST. En los frutos en empaques LDPE-3 los contenidos de SST son siempre menores. En los empaques de polietileno LDPE-3 se registran niveles de O₂ menores que en el empaque LDPE-2 12 y 21% respectivamente (Figura 2.1), lo cual conlleva a una menor actividad respiratoria del fruto y una menor acumulación de SST.

Sacarosa

El contenido de sacarosa aumenta en los frutos almacenados en atmósfera modificada SI y microperforada empacados en LDPE-2 (Figura 2.5), mientras que se mantiene en los frutos almacenados en atmósfera mo-

dificada activamente con 5kPaCO₂;5kPaO₂. A su vez, los frutos empacados en condiciones de modificación activa del 5kPaCO₂;8kPaO₂ en este mismo polietileno muestran los niveles más bajos <1 μmol·g⁻¹. En el caso de los frutos empacados en LDPE-3 (Figura 4.10) la sacarosa mantiene niveles muy semejantes durante el tiempo de almacenamiento en todas las atmósferas estudiadas. Este comportamiento coincide con el de los SST, los cuales permanecen estables durante el almacenamiento.

Glucosa

El contenido de azúcares reductores en Arazá es más baja que en otras especies de la familia *Myrtaceae* como la guayaba (Ali y Lazan, 1997). El comportamiento del contenido de glucosa coincide con el de la sacarosa y la de los SST en el empaque LDPE-2 (Figuras 2.5 y 2.6), con excepción de la atmósfera de 5kPaCO₂; 8kPaO₂. Este comportamiento es consistente con la hipótesis de una mayor actividad respiratoria en los frutos en LDPE-2, en respuesta a una mayor concentración de O₂ al interior de la bolsa (Figura 2.1), lo cual conlleva a una mayor respiración de sustancias de reserva.

Fructosa

Este presenta un comportamiento igual al de la glucosa, con excepción de los frutos en bolsas microperforada LDPE-3 y en AM SI en LDPE-2, en donde los niveles aumentan o se mantienen constantes. La acumulación de fructosa en algunos tratamientos en los que hay aumento de CO₂ y disminución de O₂ puede estar relacionada con la disminución de la actividad de algunas enzimas de la ruta de la glicólisis como la fosfofructokinasa (PFK) (Mathooko, 1996).

Figura 4.9 Efecto del almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada (A) Activa 5 kPa CO₂ y 5 kPa O₂, (B) Activa 5 kPa CO₂ y 8 kPa O₂ (C) S.I y (D) MPF en LDPE-2 en el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa. La línea punteada corresponde a los períodos de maduración complementaria (MC).

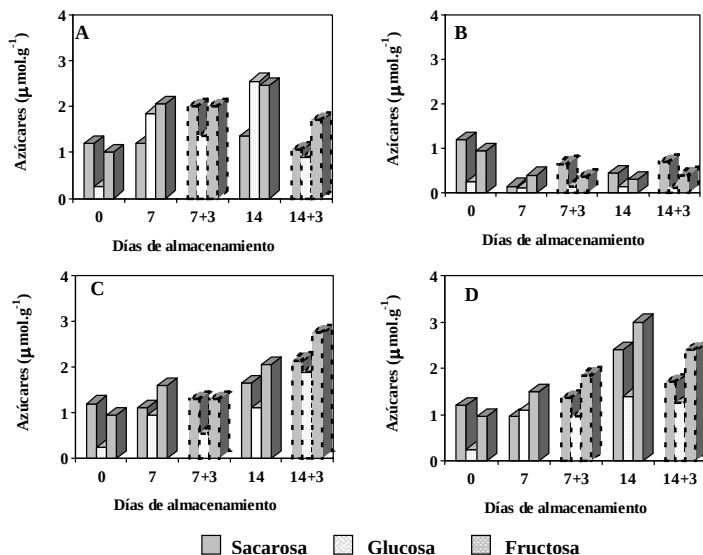
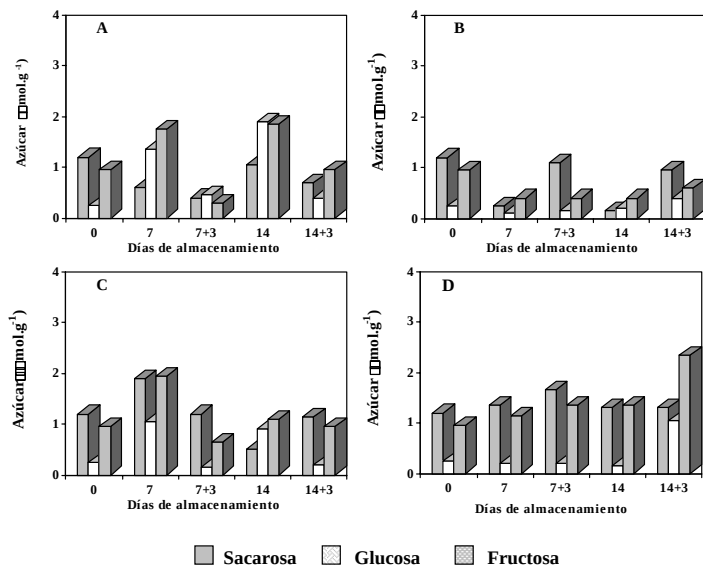


Figura 4.10 Efecto del almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada (A) Activa 5 kPa CO₂ y 5 kPa O₂, (B) Activa 5 kPa CO₂ y 8 kPa O₂ (C) S.I y (D) MPF en LDPE-3 en el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa. La línea punteada corresponde a los períodos de maduración complementaria (MC).



Color

El mayor cambio de color se presenta en frutos empacados en bolsa microperforada en LDPE-2 mientras que el menor cambio se da en los frutos en AM activa de 5kPaCO₂;8kPaO₂, en ambos tipos de empaque. La tendencia en el cambio de color se encuentra directamente relacionada con la permeabilidad de la película al O₂, esto es, a mayor disponibilidad de O₂ el producto presenta una tasa metabólica más alta lo que lleva a un cambio de color más rápido (Wills et al., 1998). Los frutos de Arazá en empaque LDPE-3 presentan interrupción de la maduración lo que puede atribuirse al hecho de que al ser más impermeable al paso de CO₂ y O₂, el CO₂ se acumula en el interior de las bolsas a niveles superiores a los tolerados por el fruto de Arazá. La evolución del color es menor en los tratamientos de AM al compararlos con el control 21% de O₂. Dentro de los principales efectos del CO₂ está la inhibición de la degradación de las clorofilas y por tanto la interrupción del cambio de color en el producto almacenado (Beaudry, 1999).

Pérdida de peso

La pérdida de peso en frutos de Arazá esta relacionada con su alta tasa respiratoria, así como con la pérdida de agua por transpiración. La pérdida de peso en frutos almacenados en condiciones de atmósfera modificada (5%) es menor que la encontrada en frutos a libre exposición (15-20%). Las mayores pérdidas las presentan los frutos en LDPE-3 AM SI y MPF posiblemente como resultado de la mayor acumulación de CO₂ en estos empaques, cercano al 6%, lo cual genera estrés en los frutos y en consecuencia desórdenes fisiológicos como mayor actividad respiratoria lo que se refleja en la respuesta de los ácidos orgánicos para los mismos tratamientos.

Marchitamiento

El marchitamiento es un desorden frecuente en frutos de Arazá y se halla directamente relacionado con la pérdida de peso. Cuando las pérdidas de peso superan el 10% del peso inicial, el fruto pierde la apariencia fresca y se presenta deshidratación del pericarpio, el cual muestra irre-

gularidades en su superficie muy semejantes a arrugas. La reducción en el marchitamiento es del 50% como mínimo en todos los frutos en AM, sin considerar la atmósfera ni la densidad del polietileno. El menor marchitamiento se produce en los frutos en AM activa con inyección inicial de 5kPaCO₂;5kPaO₂. Para el LDPE-2 es de 1.7%, mientras que para el LDPE-3 es de 1.3%, al final del período de comercialización a 20°C. Esta tendencia coincide con la pérdida de peso, en respuesta a la disminución de la actividad respiratoria del fruto.

Antracnosis (Gloeosporium sp.)

La menor incidencia de la antracnosis (5 y 7%) se registra en los tratamientos de AM Activa y MPF empacada en LDPE-2, respectivamente. En los demás tratamientos el daño no supera el 15%, tras 14 días de almacenamiento y 3 días de maduración complementaria, mientras que en frutos mantenidos a libre exposición el ataque supera el 30%, para el mismo período. Se registra una mayor incidencia del patógeno en las bolsas de LDPE-3, independientemente del tipo de atmósfera de almacenamiento. Esta respuesta puede estar asociada con la menor velocidad de transmisión de vapor de agua en este tipo de polietileno a diferencia de la de LDPE-2 (Mejía y Moreno, 1999), lo cual lleva a la acumulación de agua en el interior del empaque, ya que para estos ensayos no se utilizó ningún tipo de secuestrante de humedad.

Pudriciones

Durante el almacenamiento del fruto se encuentran algunas lesiones que se atribuyen a ataque de levaduras y *Curvularia* sp. De manera similar que en el ataque de *Gloeosporium* sp., la mayor incidencia siempre se registra en los frutos empacados en LDPE-3, con relación a los frutos empacados en bolsas LDPE-2. Se puede suponer que la mayor humedad en el interior de las bolsas de mayor calibre, se debe a la menor velocidad de transmisión de vapor de agua de la película lo que constituye un medio muy apropiado para el desarrollo de estos patógenos.

Foto 4.7 Apariencia de frutos de Arazá empacados en LDPE-38mm tras 14d a 10°C +3d 20°C



Foto 4.8 Apariencia de frutos de Arazá empacados en LDPE-74mm tras 14d a 10°C 3 d 20°C



La atmósfera modificada prolonga la vida poscosecha de los frutos de Arazá. El tratamiento contribuye a desacelerar el proceso de maduración, el cambio de color y la disminución de firmeza. Permite la conservación de los azúcares y ácidos. Sin embargo, los primeros resultados indican que el fruto de Arazá resulta sensible a concentraciones de CO_2 iguales o superiores al 6%, lo cual obliga a que la película seleccionada para el empaque del producto posea buenas características de permeabilidad, sobre todo al CO_2 .

El almacenamiento en condiciones de atmósfera modificada constituye una alternativa muy promisorio en la conservación del fruto fresco de Arazá. Las pérdidas en peso y las pudriciones se reducen en más del 50% cuando éstos son almacenados en bolsas de polietileno y sin modificación activa de la atmósfera inicial. El color y la firmeza de los frutos se mantienen por más tiempo, y los ácidos orgánicos y los azúcares mantienen niveles mayores, retrasando la senescencia de los frutos.

Los resultados obtenidos permiten inferir que una combinación adecuada de gases a una temperatura menor a la temperatura crítica de almacenamiento prolonga la vida de poscosecha del fruto de Arazá.

2.3 Uso de la atmósfera modificada con acondicionamiento previo de los frutos de Arazá

Cada grupo frutos de Arazá es conservado a 10°C y a 95% HR en cuatro tipos de atmósferas: frutos control (al aire), frutos empacados en una película no selectiva de polipropileno microperforado (PMP), frutos empacados en polietileno de baja densidad LDPE de 38 µm (película de permeabilidad 4000 cm³m⁻²d⁻¹ al O₂, 2700 cm³m⁻²d⁻¹ al CO₂ y 0.4-0.6 cm³m⁻²d⁻¹ al vapor de agua, medida a 21°C) con atmósfera inicial de aire y por tanto modificación pasiva de la misma debida sólo a la interacción entre fruto y envase (**LDPE-ps**); y frutos empacados en polietileno de baja densidad LDPE de 38 µm con inyección inicial de 2% de CO₂ y 21% de O₂ (**LDPE-ac**). El acondicionamiento comprende lavado, desinfección (Sportak 45% a.i., conteniendo Procloraz a 0.24 mL a.i. · L⁻¹), enjuague y secado (primero con papel absorbente y luego corriente de aire a 12°C durante 10 min) (Gallego et al., 2002 y 2003).

2.3.1 Comportamiento de la atmósfera gaseosa

En la atmósfera de empaque LDPE-ac con modificación inicial, se presenta 6% de CO₂ 9-12% de O₂ para frutos no acondicionados 8-10% para el CO₂ y 8-10% para el O₂ para frutos acondicionados. No se alcanza estado estacionario. Esta atmósfera retrasa el desarrollo de la maduración en los frutos (Foto 4.9), lo que se refleja en la evolución del color y la poca pérdida de firmeza para estos frutos (Foto 4.10).

Foto 4.9 *Maduración frutos empacados bajo dos condiciones diferentes tras 15 días de almacenamiento (n=3). (A) LDPE ps- sin acondicionamiento. (B). LDPE-ac sin acondicionamiento.*



Foto 4.10 *Desarrollo de color en los frutos de Arazá sin acondicionamiento en el día 15 de conservación bajo tres tratamientos de atmósfera modificada. (A) control, (B) LDPE-ps y (C) LDPE-ac.*



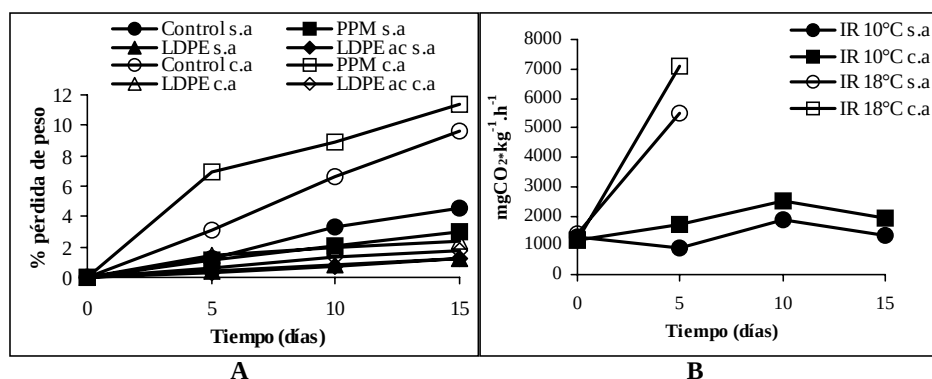
2.3.2 Efectos sobre la fisiología y calidad de los frutos de Arazá

El acondicionamiento en combinación con el PMP y en los frutos control, aumenta la pérdida de peso durante la conservación (Figura 4.11A), y la intensidad respiratoria tanto a 10°C como a 18°C (Figura 4.11B). Se observa mayor marchitamiento en frutos acondicionados tras 15 días de conservación (Foto 4.11A y B).

Foto 4.11 Daños en frutos control a 18°C (día 5). (A) Marchitamiento en frutos control acondicionados. (B) Daño mecánico. (C), antracnosis



Figura 4.11 (A) Pérdida de Peso y (B) Actividad respiratoria de los frutos de Arazá con y sin acondicionamiento



La incidencia de antracnosis es mayor en frutos no acondicionados a 18°C después de 5 días frente a los acondicionados (16% y 9% respectivamente) (Foto 4.11 C). El contenido del ácido ascórbico en los frutos empacados en LDPE-ac, presenta un aumento significativo durante los 15 días de almacenamiento de 8 $\mu\text{mol/g}$ el día de la recolección a 12 $\mu\text{mol/g}$ tras 15 días de conservación.

La incidencia del daño por frío se reduce en los frutos empacados en LDPE tanto en atmósfera pasiva como activa, en comparación con los empacados en Polietileno microperforado PMP y control (Tabla 4.2). La reducción de escaldadura, desarrollo no uniforme de color y marchitamiento bajo LDPE ha sido descrita tanto en Arazá (Hernández et al., 2001) como en frutos de la familia de las Myrtaceae como la guayaba (Gaspar et al., 1996).

Tabla 4.2 Medias por tratamiento de las variables: Antracnosis, daño por frío, marchitamiento, firmeza, ángulo Hue y ácidos orgánicos, en los frutos de Arazá, al momento de cosecha, madurados a 18 °C y almacenados a 10 °C con AM, con y sin aplicación de acondicionamiento. (PMP= Polipropileno macroperforado, LDPE-ps = Polietileno con modificación pasiva y LDPE-ac = Polietileno con modificación activa de 2% CO₂ y 21% O₂). DMT indica diferencias mínimas según el test de Tukey a $P \leq 5\%$.

Factor	Atmósferas durante 15 días de almacenamiento a 10°C y 95% H.R.											
	Sin acondicionamiento previo						Con acondicionamiento previo					
	Día 0	Día 5 (18°C)	Control	PMP	LDPE ps	LDPE ac	Día 5 (18°C)	Control	PMP	LDPE ps	LDPE ac	DMT 5%
Antracnosis	0.250	15.23	3.3	3.3	0.0	0.0	9.6	3.3	0.8	0.3	0.0	n.s
Daño por frío.	0.0	0.0	7.5	8.2	0.8	0.0	0.0	12.5	12	1.2	0.8	n.s
Marchitamiento	0.0	25.25	3.3	1.2	3.3	0.0	31.23	12.5	5.8	0.3	2	4.9
Ac. Málico	255.5	102.32	147.25	145	162.5	236.7	153.26	199.2	179.0	208.7	245.15	n.s
Ac. Citrico	1.2	0.5	0.75	0.75	0.85	1.2	0.4	1	0.7	0.55	1.5	n.s
Ac. Ascórbico	8.2	4.2	7.4	8.2	9	11.1	5.5	4.6	5.6	8.5	10	3.9
Firmeza	30.25	16.33	28.5	27.52	30.5	30.6	14.25	20.23	22.18	26	25	11.7
Ángulo Hue (H°)	113.8	100.2	104.7	102.3	108	113	98.25	98	97.75	109	111	8.6

En general el tratamiento bajo LDPE con modificación activa de la atmósfera y sin acondicionamiento conserva la apariencia de la fruta a 10°C, reteniendo el mayor contenido de ácidos orgánicos y firmeza de los tratamientos ensayados. Este tratamiento igualmente disminuye la pérdida de peso, y evita el marchitamiento, la antracnosis y la escaldadura por frío en los frutos de Arazá, por lo que entre los de AM utilizados es el más recomendable (Foto 4.12).

Foto 4.12 Calidad en los frutos bajo LDPE-ac sin acondicionamiento tras 15 días de almacenamiento a 10°C??.



2.4 Conservación de los frutos de Arazá en atmósfera modificada con variación en el contenido de la atmósfera gaseosa

Los frutos en estado de madurez 2 se almacenan en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE-2: 38 μm) microperforadas y sin perforación, por un período de 14 días a 10°C. En las bolsas sin perforación se utilizan atmósferas modificadas con inyección de mezcla de gases de 5kPaCO₂;5kPaO₂, 5kPaCO₂;8kPaO₂, o una de atmósfera pasiva SI. En las bolsas microperforadas no se realizó inyección.

2.4.1 Comportamiento de la atmósfera gaseosa y efectos sobre la fisiología y calidad de los frutos de Arazá

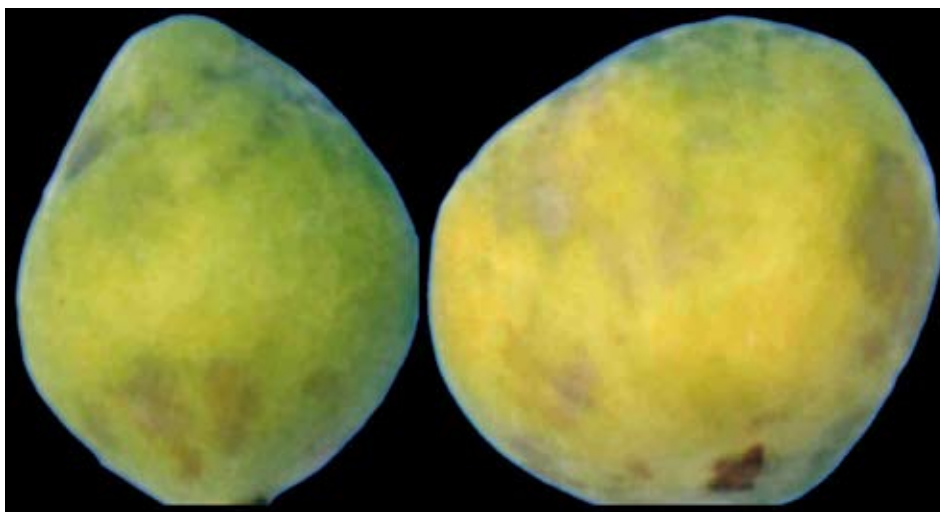
En el empaque LDPE-2 con modificación activa de la atmósfera (5% CO₂ y 5%O₂) los niveles alcanzados en el estado estacionario o de equilibrio a 10°C son 2% CO₂ y 21%O₂ el día 9, mientras que el estado de equilibrio para frutos de atmósfera pasiva, se alcanza con niveles de 6% CO₂ y de 12% O₂ para el mismo día. La atmósfera activa de 5% CO₂; 8% O₂ presenta un comportamiento irregular, el CO₂ no se estabiliza sino hasta el final del almacenamiento, luego de haberse incrementado durante la primera semana.

El almacenamiento de frutos de Arazá en atmósfera modificada con polietileno de baja densidad de calibres 38 μm contribuye a mantener los niveles de ácidos orgánicos, y azúcares y alivia el daño por frío. Los frutos empacados en AM pasiva y activa de 5kPaCO₂;5kPaO₂ presentara el mayor contenido de azúcares y las menores pérdidas de peso y marchitamiento tras 2 semanas a 10°C más 3 días a 20°C (Tabla 4.3). El tratamiento de atmósfera modificada que mejor comportamiento presenta durante el almacenamiento a baja temperatura es el polietileno LDPE 38 μm , con modificación activa en la atmósfera de 2%CO₂ y 21% O₂, debido a que retrasa el desarrollo del color, evita el daño por frío, el marchitamiento y la incidencia de patógenos.

Tabla 4.3 Pérdida de peso y calidad (% de frutos afectados; n=3 de 17 frutos a granel o bolsas de 3 frutos por bolsa para cada atmósfera) para frutos de araza después de 3 días a 20°C o después de 2 semanas a 10°C con atmósfera modificada y 3 días a 20°C. LDPE polietileno de baja densidad de 38 μm . MPF Microperforado.

Factor	3d a 20°C	7 d a 20°C	10°C Control	Atmósfera Modificada			
				LDPE-2 Pasiva	LDPE-2 Activa1	LDPE-2 Activa2	LDPE-2 MPF
Pérdida de peso	11.3	20.6	13.0	3.1	1.7	2.3	3.1
Escaldadura (%)	0	0	15	0	0	0	0
Antracnosis (%)	6	21	32	11	7	32	5
Deshidratación (%)	4.3	13.3	19.0	5.3	5.0	10	6.0

Foto 4.13 Frutos de Arazá almacenados en AM después de 2 semanas a 10°C. A. AM activa 1. B. Macroperforada (MPF)



El fruto puede ser sensible a una concentración alta de CO_2 (Hernández, 2001a). Sin embargo su empleo tiene un efecto fungistático e insecticida. Por ejemplo el uso de atmósferas con bajos niveles de O_2 (inferiores al 1%), y/o altos de CO_2 (superiores al 50%), resultan ser efectivas para eliminar algunos insectos (Flores-Cantillano, 2000), como la mosca de la fruta, principal plaga en el Arazá.

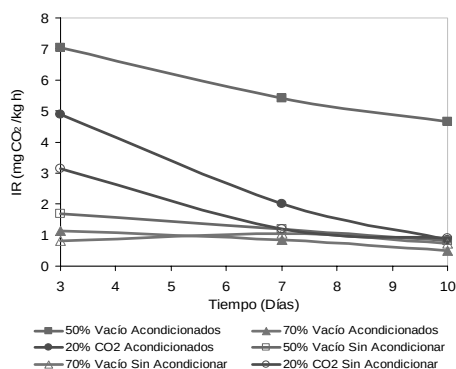
2.5 Efectos de la atmósfera modificada insecticida sobre la calidad de frutos de Arazá

Para evaluar el efecto que tiene sobre la conservación del fruto de Arazá una atmósfera con una alta concentración de CO_2 y una atmósfera de vacío, se empaqa el fruto previamente acondicionado en atmósfera modificada (AM) empleando una mezcla gaseosa (20% CO_2 , 15% O_2 y 65% N_2) y empaque al vacío (50% y 70%, respecto a la presión de Bogotá de 560 mm Hg) en PEBD de 38 μm . Con el fin de aliviar el estrés producido por las condiciones de empaque, se utiliza un tratamiento de choques con altas concentraciones de CO_2 . El acondicionamiento consiste en lavado con agua, desinfección con 100 ppm de hipoclorito de sodio y remoción de la humedad residual mediante convección natural.

2.5.1 Efectos sobre la fisiología y calidad

Los bajos valores obtenidos para la respiración del fruto durante su almacenamiento en AM (Figura 4.12) enriquecida con CO_2 y pobre en O_2 indican que este proceso está afectado notablemente por la baja concentración de O_2 en el interior del empaque. Además esta va disminuyendo a medida que avanza el tiempo de almacenamiento lo que indica que los frutos se encuentran en un ambiente anóxico que afecta su respiración. La respiración de los frutos acondicionados es mayor que los no acondicionados, lo que se debe probablemente a la manipulación a la que son sometidos durante el acondicionamiento.

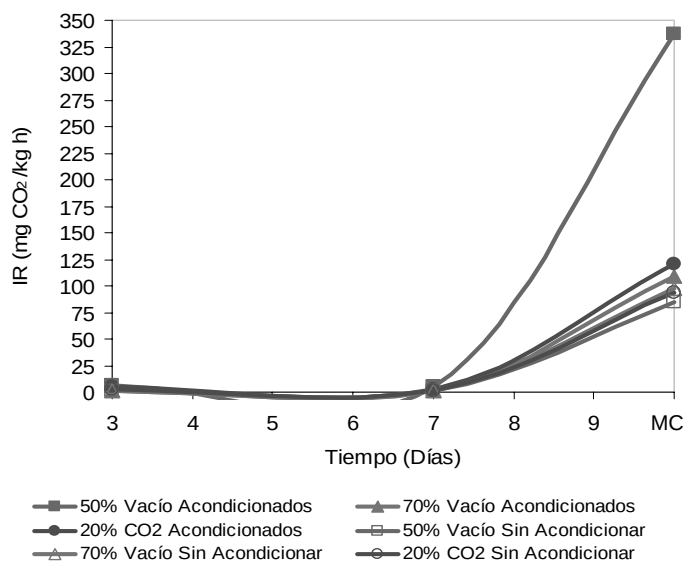
Figura 4.12 Intensidad respiratoria calculada de los frutos durante el almacenamiento.



Al medir la respiración experimentalmente de los frutos llevados a períodos de comercialización (Figura 4.13) se observa que los frutos en el día 3 de esta etapa logran alcanzar valores altos de respiración comparados con el valores del día 10 de almacenamiento (Figura 4.12), sin embargo esto no significa que los frutos se hayan recuperado del estrés producido por las concentraciones de CO_2 y O_2 alcanzadas en el interior del empaque, durante el almacenamiento en AM hasta el día 7, debido a que la falta de maduración, ablandamiento irregular y pardeamientos indicarían una alteración en el metabolismo.

Es notable que en general, el valor de la respiración al final de la MC se reduce, comparada con los valores que normalmente presenta el fruto de aproximadamente $250 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$ a $300 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$ (Hernández, 2001a), hasta los valores presentados en la Figura 2.12. Ello indica que en general después del tratamiento en AM los frutos reducen su respiración; pero a pesar de que la reducción de la respiración del fruto es el objetivo de la AM, el tratamiento no es el adecuado para el Arazá ya que afecta su metabolismo.

Figura 4.13 *Intensidad respiratoria de los frutos durante el almacenamiento y al finalizar el periodo de maduración complementaria*



Por otra parte se presenta deterioro en la calidad de los frutos empacados en AM, de estas concentraciones, debido a la presencia de manchas ocre (pardeamiento) en la piel los frutos, aún verdes, acompañadas de pérdida notable de firmeza en estas. La presencia de este daño deprecia la calidad del fruto haciéndola poco atractiva al consumidor.

La presencia de pardeamiento se presenta a partir del día 3 de almacenamiento y se hace más notoria en los frutos acondicionados que en los sin acondicionar (Figuras 4.14 y 4.15) presentándose en ambos casos una mayor incidencia en los tratamientos de 70% de vacío y 20% de CO₂. La mayor presencia de pardeamiento en los frutos con 20% de CO₂ es muy posiblemente un síntoma del daño por CO₂ en Arazá similar al que ocurre en la piel de la manzana (Lidster et al., 1990), ya que estos frutos desde el comienzo del almacenamiento estuvieron expuestos a esta concentración.

Figura 4.14 *Incidencia de pardeamiento en los frutos acondicionados.*

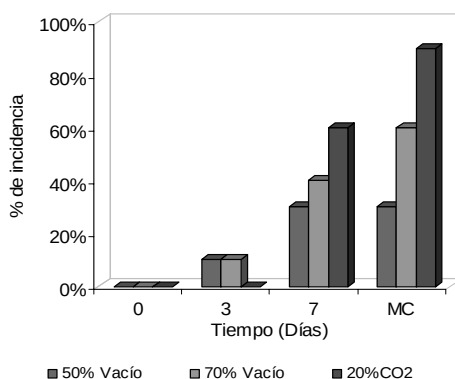
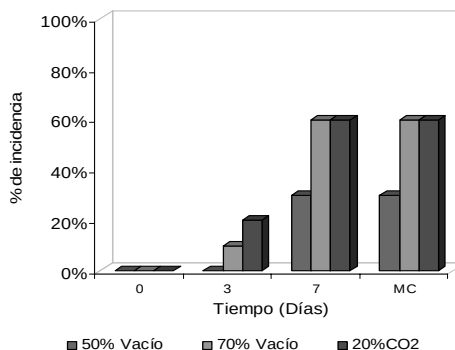


Figura 4.15 *Incidencia de pardeamiento en los frutos sin acondicionar.*



2.6 Efecto del tratamiento de choques en los frutos de Arazá

Como una alternativa al uso de atmósferas con altas concentraciones de CO_2 se toma en consideración el efecto de un tratamiento de choques con el fin de ver si se reduce la incidencia de pardeamientos, mejorando así la apariencia de los frutos. El tratamiento de choque es un periodo de adaptación en donde se promueve la producción de ciertas enzimas que minimizan el estrés, los daños, protegen al fruto, generan resistencia a las condiciones de empaque, generando el efecto positivo de las AM, y no altera el metabolismo del fruto permitiendo que este continúe el proceso de maduración, ya que las condiciones de estrés a las que se somete no son permanentes, pero si los frutos se mantienen en este ambiente el efecto puede ser desfavorable, como en los casos anteriores.

El choque consiste en empaquetar los frutos acondicionados con la misma mezcla gaseosa de 20% de CO_2 empleada anteriormente, manteniéndolos en esta atmósfera por 3 días a las mismas condiciones de almacenamiento refrigerado que antes, ya que en este día de almacenamiento se detectan los pardeamientos. Pasado este tiempo los frutos son retirados de la atmósfera y se mantienen almacenados hasta el día 7 luego de lo cual se llevan a MC.

Con el tratamiento de choques la apariencia general de los frutos después del tratamiento es buena, la incidencia de pardeamiento que se presenta es de 10% en el día 3 y se mantiene constante hasta el final del ensayo, la maduración no se frena ya que en la MC se ve que los frutos pasan de color verde a amarillo, caso que no ocurre en el ensayo previo.

Durante el almacenamiento del fruto en AM a 10°C se observó una evolución desde una atmósfera de aire hacia otra anaerobia que disminuyó la respiración del fruto; a valores inferiores a $7 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$, lo que contrasta con los $250\text{-}300 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$ habituales en aire.

La calidad del fruto se afecta por el almacenamiento prolongado en AM bajas en concentración de O_2 y en periodos de comercialización (MC) no alcanzan la madurez de consumo. Además, presentan ablandamiento y pardeamiento lo que podría indicar daños debidos a la composición de $[\text{O}_2]$ y $[\text{CO}_2]$, u otros desórdenes fisiológicos o fúngicos

derivados de la supresión de la AM. De hecho se ha comprobado que el fruto de Arazá no tolera un 20% de CO₂ continuo. Un tratamiento de choques con CO₂ al 20% sin embargo, fue una buena opción que evitó un deterioro de la capacidad de madurar del fruto y mantuvo su apariencia durante el período de comercialización.

Literatura citada

- Alexander, L., Grierson, D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *J Exp Bot.* 53: 2039-2055.
- Ali Z.M., Lazan H., 1997, Guava. In: S. K. Mitra (eds.). *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. CABI, p. 145-165.
- Bassetto, E., Sesso, T.M., Jacomino, A.P, Kluge, R.A. 2002. Efeito de 1-MCP e prochloraz na conservação de goiabas 'Pedro Sato'. *Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha*. 4: 122-127.
- Beaudry, R.M. 1999. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality . *Postharvest Biol. Technol.* 15: 293-303.
- Blankenship, S.M., Dole, J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Carrillo, M., Hernández. M.S., Barrera, J. A., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2006a. Aplicación de 1-metilciclopropeno en frutos de Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). II Semin. Hortofrutícola Colombiano y I Cong. Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado. II Semin. Hortofrutícola Colombiano y I Cong. Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado. Universidad del Tolima-Colciencias. p 92-94.
- Carrillo, M.P., Hernández, M.S., Barrera, J.A., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2006b. Benefits of treating arazá fruit with 1-MCP on a commercial scale in the Colombian Amazonic Region. *Acta Hortic.* (ISHS). En prensa.
- Dávila, C., Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P., Gallego, L.M., Martínez, O. 2003. Aplicación de 1-metilciclopropeno para la conservación del arazá. En: Merodio, C., Escribano, M.I. (eds.) .*Maduración y Post-Recolección de Frutos y Hortalizas*. ISBN: 84-00-08185-4. CSIC, Madrid. Biblioteca de Ciencias 12: 339-341.
- Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E.C., Goren, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 20:43-150.

- Fernández-Trujillo, J.P., Nock, J., Watkins, C.B. 1999. Fermentative metabolism and organic acid concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 696-701.
- Fernández-Trujillo, J.P., Sánchez, C. 2003. Postharvest quality of fruit from a long life cultivar of tomato treated with 1-methylcyclopropene. *Acta Hort.* (ISHS) 628: 234-238.
- Flores-Cantillano, F. 2000. Perspectivas del uso de atmósferas insecticidas como tratamiento cuatitenario en frutas tropicales y subtropicales. 2º Congreso Iberoamericano de Tecnología en Postcosecha y Agroexportaciones. Memorias del 2º Simposio. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. EDITORES y paginado?
- Gallego, L., Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P. 2002. Evolución de la calidad del fruto del arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) bajo atmósfera modificada. En: López, A., Esnoz, A., Artés, F. (Eds.). *Avances en técnicas y ciencias del frío* vol. 1, pp. 517-523.
- Gallego, L.M., Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Quicazán, M. 2003. Color development of arazá fruit as related to modified atmosphere packaging *Acta Hort.* (ISHS) 628: 343-350.
- Gaspar, J.W., Couto, F.A., Salomao L.C. 1996. Effect of low temperature and plastic films on postharvest life of guava (*Psidium guajava* L.). *Acta Hort.* (ISHS) 452: 107-114.
- Génard, M., Gouble, B. 2005. ETHY. A Theory of Fruit Climacteric Ethylene Emission. *Plant Physiol.* 139:531-545.
- Golding, J.B., Shearer, D., Wyllie, S.G., McGlasson, W.B. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene dependent ripening process in mature banana fruit. *Postharvest Biol. and Technol.* 14:87-98.
- González, M.L., Peña, A.C. 2003. Evaluación de la aplicación de atmósfera modificada para la conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. 110 p. (Inéd).

- Haji, T., Yaegaki, H., Yamaguchi, M. 2003. Softening of stony hard peach by ethylene and the induction of endogenous ethylene by 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC). J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 72: 212-217.
- Hernández, M.S. 2001. Conservación del fruto de arazá durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Disertación de tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Inéd.
- Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P., Martínez, O., Barrera, J., Watkins, C.B. 2001. Modified atmosphere packaging of arazá fruit. En: Artés, F., Conesa, M.A., Gil, M.I. (Eds.). Refrigeration Science & Technology Proc. "Improving Postharvest Technologies of fruits, vegetables and ornamentals", Murcia, vol. II, pp. 666-673.
- Hernández, M.S., Barrera J., Fernández-Trujillo J.P., Martínez O., Arjona H. 2002. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la fisiología y calidad de la fruta. Acta Hortic. (SECH) 37:1074-1081.
- Hernández M.S., Gallego, L., Barrera, J., Fernández-Trujillo, J.P. 2002. Conservación del fruto de araza en atmósfera modificada. En: Villamizar, L.E., Martínez, M.E., Soler, J.P. (Eds.). V Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bucamaranga, Colombia Nov 7-9 2002, p. 545-546.
- Hernández, M.S., Barrera J.A., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2005. Postharvest behaviour of arazá fruit treated with 1-MCP and stored at two temperatures. Acta Hortic. (ISHS) 682: 2227-2232.
- Hernández, M.S., Fernández-Trujillo, J.P. 2004. Arazá fruit. Postharvest quality maintenance guidelines. En: Gross, K.C., Saltveit, M.E. y Wang, C.Y. (eds.). USDA Agricultural Handbook No. 66. <http://usna.usda.gov/hb66/029araza.pdf>
- Hernández, M.S., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2006. Behavior of arazá fruit quality traits during growth. development and ripening. Scientia Hortic. -Amster.- 111: (en prensa).
- Hiwasa, K., Kinugasa, Y., Amano, S., Hashimoto, A., Nakano, R., Inaba, A., Kubo, Y. 2003. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. J Exp Bot. 54: 771-779.

- Jiang, Y., Joyce, D.C., Macnish, A.J. 1999. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. *Plant Growth Reg.* 28: 77-82.
- Kader, A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. *ACIAR Proc.* 50: 239-249.
- Kader A.A., Zagory, D., Kerbel, E.L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 28: 1-30.
- Ke, I., Mateos, M., Siriphanich, J., Li, C., Kader, A.A. 1993. Carbon dioxide action on metabolism of organic acids and aminoacids in crisphead lettuce. *Postharvest Biol. Technol.* 3: 235-247.
- Kluge, R.A., Jacomino, A.P. 2002. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agric.* 59:69-72.
- Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20: 207-220.
- Lidster, P.D., Blanpied, G.D., Prange, R.K. 1990. Controlled-atmosphere disorders of commercial fruits and vegetables. Agriculture and Agri-Food Canada. Pub. 1847/E. Ottawa, Ontario, Canadá.
- Mathooko, F.M. 1996. Regulation of respiratory metabolism in fruit and vegetables by carbon dioxide. *Postharvest Biol. Technol.* 9: 247-264.
- Mejía, A., Moreno, N. 1999. Influencia de la temperatura y la atmósfera modificada, generada dentro de empaques plásticos en el tiempo de conservación de mango fresco (*Mangifera indica* L.) variedad llamarada. p 39. (Inéd)
- Rogez, H., Buxan, R., Mignolet, E., Souza, J.N.S., Silva, E.M., Larondelle, Y. 2004. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araca-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuacu (*Theobroma grandiflorum*). *Eur Food Res Technol.* 218:380-384.
- Rupasinghe, H.P.V., Murr, D.P., Paliyath, G., Skog, L. 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *J Hortic Sci Biotechnol.* 75: 271-276.
- Serek, M., Sisler, E.C., Reid, M.S. 1994. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1230-1233.

- Sisler, E.C., Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plant at the receptor level: Recent developments, *Physiol. Plant.* 100:577-582.
- Wang, C.Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *Hort Science*:29: 986-988.
- Wills, R., Mc Glasson, B. Graham D., Joyce, D. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CABI Pub., p. 97-112.

