

Frutas amazónicas

competitividad e innovación



**Instituto
amazónico de**
investigaciones científicas
SINCHI



Libertad y orden
**MINISTERIO DE AMBIENTE,
VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL**
República de Colombia

Frutas amazónicas competitividad e innovación

Compiladores:

Maria Soledad Hernandez G. Bio Ph. D.

Jaime Alberto Barrera G. I.A M. Sc.

2009

Hernández, María Soledad; Barrera, Jaime Alberto (Compiladores)

Frutas amazónicas: competitividad e innovación. María Soledad Hernández G., Jaime Alberto Barrera G. (Compiladores). Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi, 2009. p. 102

1. Agroindustria 2. Frutales – Cultivo 3. Frutales –Mercadeo
4. Agricultura Alternativa 5. Agricultura Orgánica 6. Amazonia

ISBN 978-958-8317-45-8

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Primera edición: Octubre de 2009

Coordinación de la producción editorial:

Diana Patricia Mora Rodríguez

Producción editorial

Goth's Imágenes Taller Editorial

Julián Ricardo Hernández R

Impresión:

Editorial Scripto

Reservados todos los Derechos

Disponible en:

Instituto Sinchi, Calle 20 No. 5-44 Tel.: 4442077

www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia

Printed in Colombia



LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS
Directora General

ROSARIO PIÑERES VERGARA
Subdirectora Administrativa y Financiera

DANIEL FONSECA PÉREZ
Subdirector Científico y Tecnológico

Equipo ejecutor

M.S. Hernández, J. Barrera, N. M. Orjuela, L. M. Melgarejo,
D. Caicedo, G. Vargas, M. P. Carrillo, C. Hernández,
P. Jiménez, J. Cardona, L. F. Peña,
J. P. Fernandez-Trujillo, A. Alvarez Morato

Tabla de contenido

Presentación	9
Capítulo 1	
Efecto de deficiencias minerales y de la luz en arazá (<i>Eugenia stipitata</i>) y copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	11
Araza (<i>Eugenia stipitata</i>)	14
Copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	23
Literatura Consultada	32
Capítulo 2	
Interacciones planta-ambiente en modelos de producción con arazá (<i>Eugenia stipitata</i>) y copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	35
Crecimiento de arazá (<i>E. stipitata</i>) bajo ambientes sombreados	41
Crecimiento de copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i> Wild ex Spreng (<i>Schultz</i>)) bajo ambientes sombreados	45
Manejo orgánico de las plantaciones agroforestales de arazá y copoazú	49
Distribución de pigmentos fotosintéticos de plantas de arazá y copoazú cultivados en condiciones diferenciales de exposición lumínica	54
Consideraciones finales	59
Literatura consultada	60

Capítulo 3	
Calidad e innovación en la cadena de valor de frutales nativos, arazá y copoazú	63
Arazá	63
Operación de cosecha de frutos de arazá	66
Procesamiento de los frutos de arazá	71
Copoazú	76
Literatura consultada	82
Capítulo 4	
Estructura de la cadena productiva de frutales para Agrocomercial del Caquetá	85
Descripción de la estructura y de los actores en la cadena	88
Portafolio de Producto:	91
Literatura consultada	100

Presentación

La Amazonia colombiana ocupa el 41.8% del territorio continental del país, en ella se encuentran especies de fauna, flora y microbiota aún desconocidas y otras, sólo reconocidas por quienes tienen la oportunidad de habitar en ella, o visitar la región ocasionalmente. Considero de gran beneficio para el país y para la región que estas especies sean promovidas en su conocimiento científico, en su posibilidad de generar innovación y en su poder para hacer transferencia de tecnología a las comunidades locales, que requieren obtener recursos económicos para su subsistencia, sin atentar contra el patrimonio de biodiversidad a que tenemos derecho los colombianos.

Al entender la realidad regional, construimos al interior del Instituto Sinchi el programa de Alternativas productivas sostenibles y mercados verdes, para interpretar la necesidad expresada por las comunidades locales y contribuir a la consolidación de la política ambiental en Colombia. Así las cosas, resulta muy enriquecedor apoyar el esfuerzo de estructuración de los emprendimientos amazónicos que hacen un uso sostenible de los recursos de nuestra biodiversidad Amazónica. Creo plenamente, en que las especies hortofrutícolas nativas constituyen una gran oportunidad para la construcción del tejido social, la proyección y el progreso regional.

No ha sido desde luego, una tarea fácil, posicionar, especies que hasta hace 10 años muy pocos reconocían, conocían o consumían. Así que al momento de preparar la presentación de esta publicación, producto de la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo

Rural y de Asohofrucol- Fondo Nacional Hortofrutícola e Instituto Sinchi, no puedo sentir más que una profunda emoción porque el esfuerzo no ha sido en vano. Hemos avanzado decididamente y el reconocimiento ha llegado.

En esa dirección, participamos de manera decidida, comprometida y confiada en este proceso, seguros de que es un camino posible y necesario; especies como Arazá y Copoazú tienen cada día una mayor visibilidad en el mercado nacional, y aunque la tarea continúa y falta mucho por hacer, el resultado hasta ahora es satisfactorio.

En *Frutas amazónicas: competitividad e innovación*, los lectores encontrarán elementos nuevos desde la investigación científica, la caracterización de las especies, las materias primas y la agrotransformación; elementos fundamentales para la cadena productiva de frutales amazónicos, aspectos que describen el comportamiento de estas especies en la interacción con su ambiente: la luz, el brillo solar y la disponibilidad de algunos nutrientes, y que son fundamentales, por que apoyarán al productor primario para planificar el manejo de sus chagras y cosechas.

La cadena frutícola amazónica queda robustecida, con estos nuevos aportes que servirán de modelo y sustento para próximos estudios en nuevas especies promisorias, que cada día son más necesarios para efecto de la competitividad regional y nacional.

Finalmente, deseo destacar las interacciones con nuestros coejesores: la Universidad de la Amazonia y la Universidad Nacional de Colombia, además de las instancias locales, ya que con su empeño particular y conjunto, la Amazonia Colombiana recibe el acompañamiento que requiere y merece; no puedo dejar de lado el esfuerzo hecho por parte de los investigadores del grupo de frutales amazónicos del Instituto Sinchi en cabeza de la doctora María Soledad Hernández y su equipo de trabajo, quienes merecen un reconocimiento especial, al igual que el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial al cual orgullosamente nos encontramos vinculados.

LUZ MARINA MANTILLA CARDENAS
Directora Instituto SINCHI

Capítulo 1

Efecto de deficiencias minerales y de la luz en arazá (*Eugenia stipitata*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

11

J. Barrera¹, N Orjuela^{2,2}, L M Melgarejo², D. Caicedo¹ M.S. Hernández¹,

Una nutrición mineral óptima para cada genotipo y especie de planta es esencial para su normal crecimiento y desarrollo (Kovacik et al, 2007). Solamente el conocimiento profundo de las necesidades nutricionales de cada especie, el sistema de absorción y transporte de esos diferentes nutrientes y el efecto de las limitaciones nutricionales de cada elemento en el crecimiento y desarrollo de las plantas, permitirán adecuar planes de manejo nutricionales a la medida que respondan a las necesidades vegetales, evitando aplicaciones innecesarias, cuyos excesos generalmente se traducen en pérdidas económicas, además de convertirse en contaminantes del suelo, de las fuentes de agua, del aire y del mismo hombre (Van Reuler y Prins, 1993).

Los nutrientes minerales se clasifican en macronutrientes y micronutrientes, dependiendo del requerimiento que de ellos hagan las plantas. Dentro de los macronutrientes encontramos el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), los cuales representan aproximadamente entre 0.1 y 5% de la masa seca de la planta. Por su parte, los micronutrientes generalmente comprenden menos del 0.025% de la biomasa seca de la planta e incluyen Boro (B),

¹ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

² Laboratorio de Fisiología vegetal, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni) y Zinc (Zn) (Marschner, 1995).

En experimentos diseñados para estudiar síntomas de deficiencia nutritivas, un nutriente es por lo general omitido de una determinada solución nutritiva. El principio se basa en la carencia de cada elemento que considerado esencial para el crecimiento de las plantas desencadena determinados fenómenos bioquímicos dentro de las plantas los cuales son reflejados en una sintomatología típica para cada uno. El conocimiento de la forma en que la planta absorbe los nutrientes, permite tener en cuenta aspectos importantes a la hora de aplicar fertilizaciones, como son consideraciones de solubilidad de los componentes, movilización de nutrientes en la planta y pH del medio, entre otros (Jones y Jacobsen, 2001).

A su vez el entorno lumínico durante el crecimiento y desarrollo de las plantas ha mostrado tener grandes efectos sobre la capacidad fotosintética de la misma y ésta ha mostrado en algunos casos, estar asociada con variaciones en propiedades de la hoja como el contenido de clorofila y la razón clorofila a/b (Lewandowska y Jarvis, 1977). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de radiación y de la ausencia de determinados nutrientes sobre algunas variables morfológicas, fisiológicas y bioquímicas en plantas de *Eugenia stipitata* Mc Vaugh (Myrtaceae) y *Theobroma grandiflorum* Schum (Sterculiaceae) cultivadas bajo condiciones de vivero. Para ello se partió de soluciones nutritivas usadas corrientemente, tales como la solución Hoagland y Arnoy (1950). Para el estudio en arazá (*E. stipitata*) y copoazú (*T. grandiflorum*) se prepararon soluciones *stock* y a partir de allí, las soluciones a utilizar en el ensayo (método del nutriente faltante), con el fin de determinar la sintomatología que presentan las plantas a evaluar por deficiencia de determinado nutriente. Bajo condiciones de Florencia- Caquetá se cultivaron en vivero plantas de *E. stipitata* y *T. grandiflorum* en condiciones controladas de intensidad lumínica utilizando polisombra certificada (4 niveles: 25%, 50%, 70% y control equivalente al 100% o plena luz), se dejaron crecer por dos meses y luego fueron sometidas a deficiencia de nutrientes siguiendo un

diseño factorial con tres réplicas. Se aplicaron las respectivas soluciones. Se realizaron registros de variables: i) registros mensuales de área foliar (AF), altura de la planta (h), número de hojas, diámetro basal (\emptyset), duración del área foliar (DAF): IAF/t (Gardner et al., 1985), radiación fotosintéticamente activa con un Ceptómetro® ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), sintomatología de deficiencias en las plantas. ii) Registros de factores Ambientales (temperatura, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa, precipitación). iii) Registros al inicio y final de experimento: densidad estomática y anatomía foliar, masa seca, pigmentos fotosintéticos con base en lo descrito por Lichtenhaler (1987), nutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S).

En la figura 1 se observa el curso promedio diario, bajo condiciones de vivero, de temperatura, humedad relativa y radiación PAR entre las 6:30 am y las 5:30 pm. Los datos corresponden a la media de las determinaciones diarias cada media hora durante los meses de marzo a julio de 2008. La HR alcanzó una media máxima entre 80 y 85% entre las 12:30 y las 3:30 pm mientras que la temperatura máxima diaria alcanzó un valor entre 25 y 27°C en el mismo periodo.

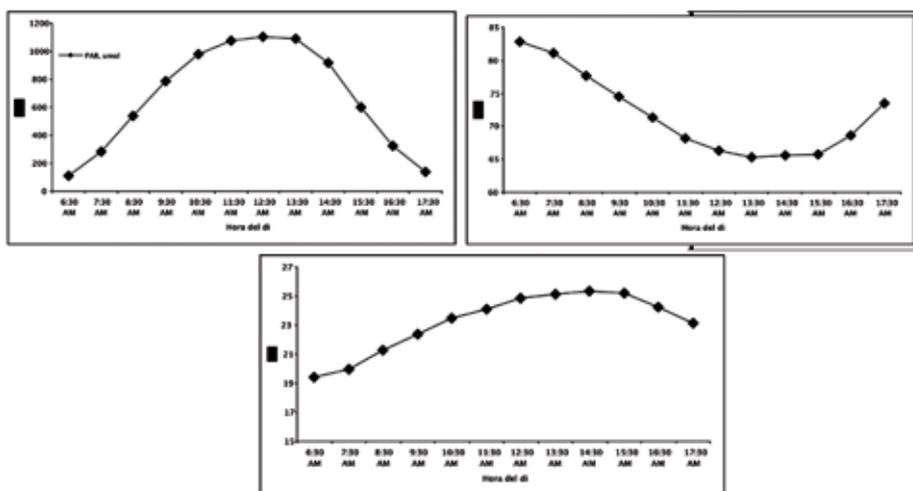


Figura 1. Curso diario de Radiación PAR, Humedad Relativa y Temperatura en el vivero granja Santo Domingo, Florencia, Caquetá.

Se observa que los datos de temperatura presentan tendencia inversa a la humedad relativa y que la PAR presenta tendencia directa con la temperatura del medio.

La interceptación de radiación solar y su distribución en el perfil del dosel gobiernan la respuesta de la planta a la fotosíntesis (Larcher, 2003). Dicho proceso es responsable de la producción de materia seca en un 90-95%.

Arazá (*Eugenia stipitata*)

En la figura 2, se observa la tendencia del efecto de nutrientes y de la luz en plantas de arazá crecidas bajo diferentes regímenes de luminosidad (25, 50, 70, 100% de luminosidad). Los parámetros relacionados con crecimiento de las plantas (longitud de la hoja, diámetro del tallo, peso seco) presentan curva sigmoïdal. El IAF y DAF cm/día en general es inverso a lo observado para los anteriores parámetros. La menor variabilidad se observó en las plantas sometidas a 25% de luminosidad.

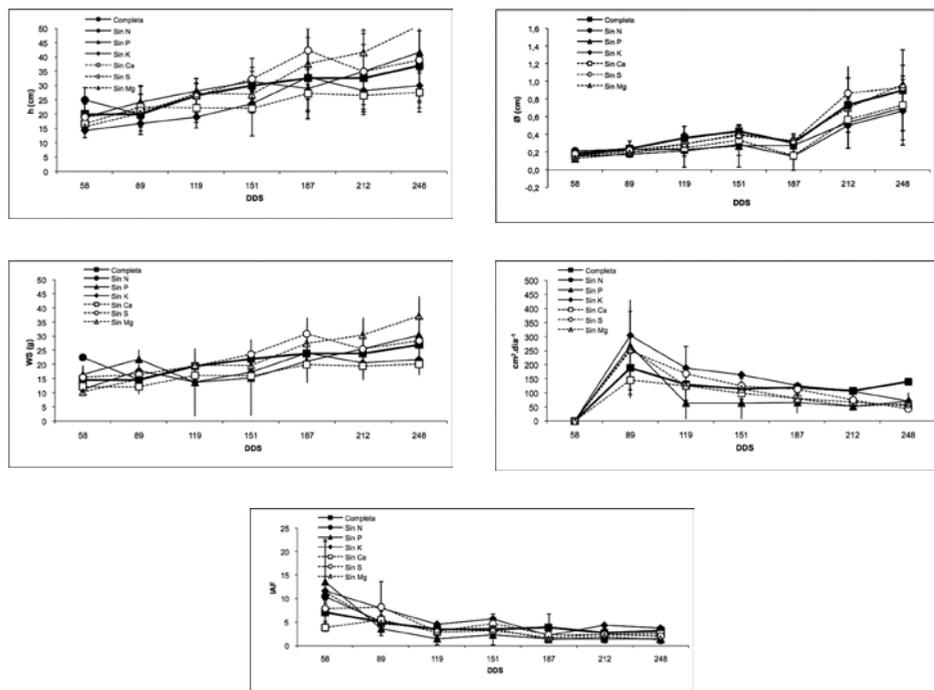


Figura 2. Efecto de nutrientes y de la luz en plantas de arazá crecidas en vivero

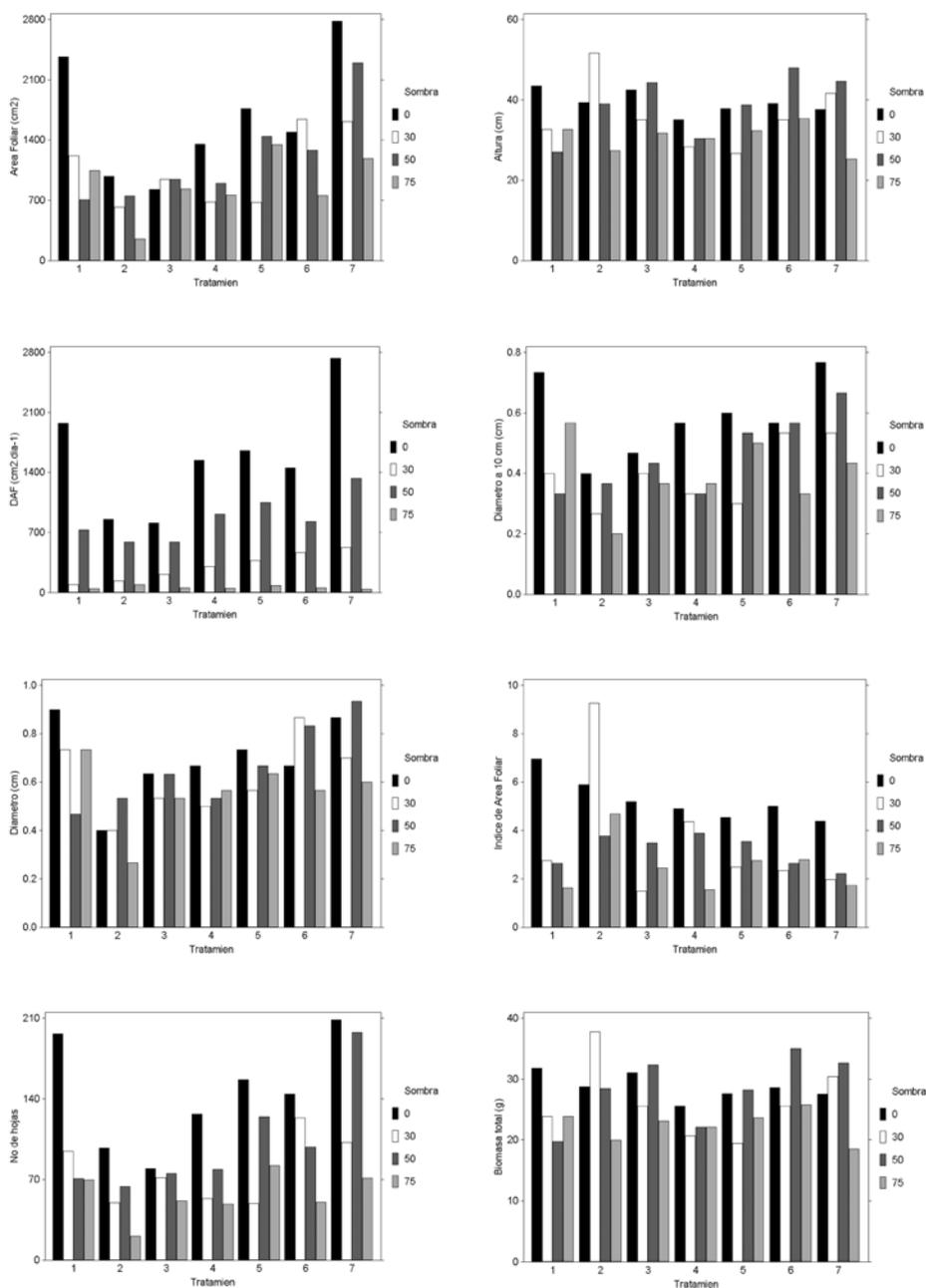


Figura 3. Efecto de diferente intensidad luminosa en plantas de arazá sometidas a nutrientes faltantes. 100% de luminosidad (0% sombra), 70% de luminosidad (30% sombra), 50% luminosidad (50% sombra), 25% luminosidad (75% sombra)

En la figura 3, se observa en general que bajo los diferentes tratamientos de nutrición y luminosidad, la exposición al 100% de luz (0% de sombra) muestra mayores valores en las variables evaluadas. No se observa un patrón característico sobre las diferentes variables fisiológicas por efecto de otras intensidades de radiación. La DAF se vio incrementada al 100 y 50% de luminosidad.

En general no se observa una relación clara entre nutrientes faltantes y luminosidad.

En la figura 4 se observa la biomasa obtenida para los diferentes tratamientos, por órgano y por planta. En general no se observa un patrón característico relacionado con los diferentes regímenes de luminosidad y por nutriente faltante, a excepción del nutriente faltante N en el cual todos los órganos y biomasa total se vieron disminuidos.

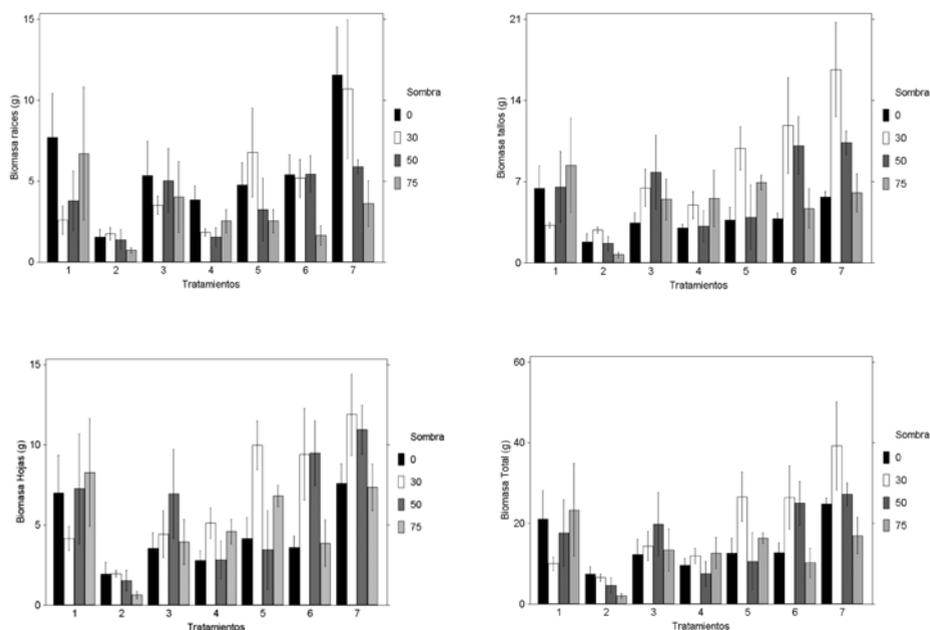


Figura 4. Biomasa de copoazú por órgano y por planta. 100% de luminosidad (0% sombra), 70% de luminosidad (30% sombra), 50% luminosidad (50% sombra), 25% luminosidad (75% sombra)

En la figura 5, se presenta un resumen de los síntomas observables por la deficiencia de algunos nutrientes en arazá.



Figura 5. Deficiencias nutricionales en arazá

En la figura 6 se observa que la concentración de *Chl a* no fue afectada por las deficiencias de nutrientes en las plantas que se desarrollaron a 50%, 70% y 100% de exposición lumínica, pero si se evidenció efecto en las plantas desarrolladas a 25% de luminosidad, disminuyendo su concentración con la deficiencia de *N*. El mismo comportamiento se encontró en los carotenoides totales.

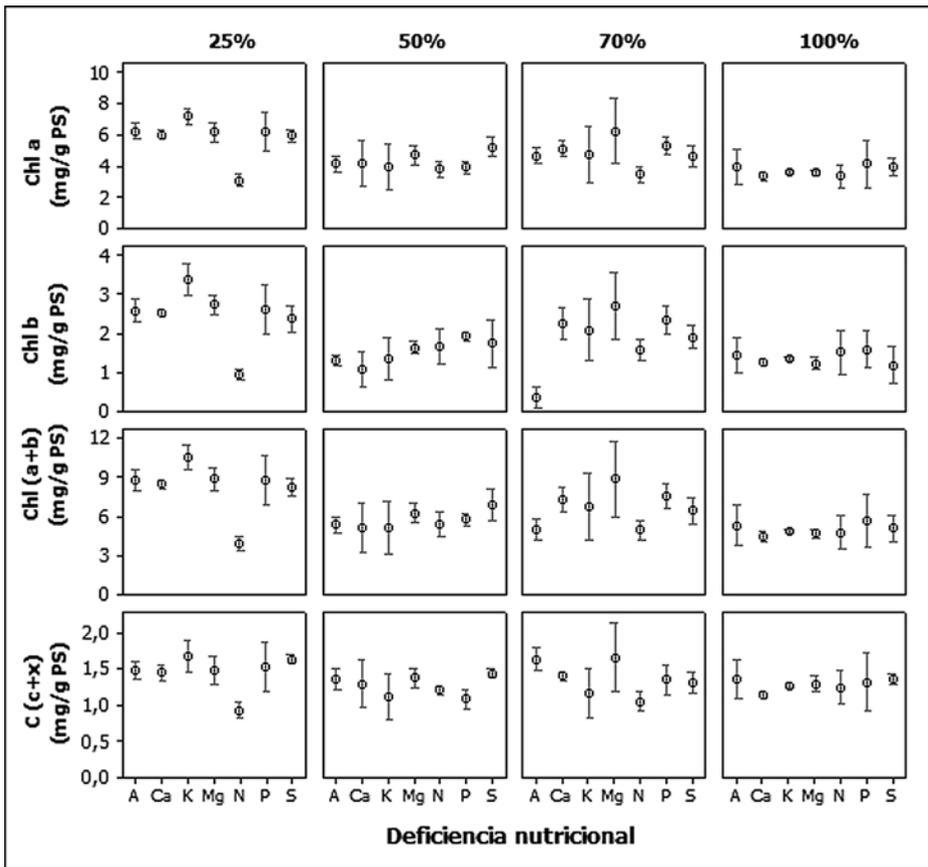


Figura 6. Concentración de pigmentos en relación al peso seco (PS) foliar en plantas de *E. stipitata* sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (25%, 50%, 70% y 100%) y deficiencia nutricional. A: Control sin deficiencias de nutrientes. n=3

En las plantas con deficiencias en *N* y *P* no se observaron diferencias significativas en el contenido de estos pigmentos debidas a los tratamientos de exposición lumínica.

La mayor concentración de clorofilas totales (*Chl (a+b)*) encontrada en las plantas de *E. stipitata* a menor luminosidad, es consistente con el comportamiento esperado en plantas a bajas luminosidades. Un comportamiento semejante ha sido reportado en otras especies.

Hikosaka y Terashima (1995), desarrollaron un modelo de fotosíntesis en las hojas de plantas C3 para describir su economía del nitró-

geno (N), en el que predican que cuando el contenido foliar de N es fijo, el particionamiento de N en los complejos *Chl*-proteína (del *LHC*) representa mayor porcentaje del N fotosintético con bajas irradiancias que con altas irradiancias, en las que el N es preferible y mayormente alocado hacia las enzimas del ciclo de Calvin y transportadores de electrones, y por consiguiente, bajo condiciones de sombra los complejos *Chl*-proteína son los componentes más ricos en N de la hoja; lo que sugiere que la inversión preferencial de N en los componentes relacionados con la fotosíntesis máxima y la eficiencia cuántica (Φ) es el rasgo más importante en los cambios de la organización de los componentes fotosintéticos con los cambios en la irradiancia de desarrollo (Hikosaka y Terashima, 1995). Esto sugiere que la plasticidad de la concentración de clorofilas ante el entorno lumínico variante, es afectada por las deficiencias de N y P , lo cual se ajusta a lo reportado por Valladares *et al.* (2007) quienes establecen que la respuesta plástica potencial de un parámetro puede ser grande, pero la plasticidad observada puede ser disminuida por la limitación de recursos o por estrés ambiental.

Con respecto a la densidad estomática, las hojas de *E. stipitata* presentaron estomas ubicados al mismo nivel de las células epidérmicas, lo cual ya se ha reportado para otras especies del género *Eugenia* (Alvis *et al.* 2008; Gomes *et al.*, 2009). En esta especie los estomas se encontraron restringidos a la superficie abaxial (envés) de la lámina, rasgo que se ha reportado en el género (Medeiros, 2000; Donato y Lange de Morretes, 2007). En general las plantas de *E. stipitata* desarrolladas a plena luminosidad presentaron mayor densidad de estomas que con el 25% de luminosidad, lo cual es consistente con los amplios reportes que indican el incremento de la densidad estomática foliar en plantas desarrolladas con alta luminosidad en comparación con baja luminosidad (Boardman, 1977; Hanba *et al.*, 2002; Lichtenthaler *et al.*, 2007; Matos *et al.*, *in press*). Wika *et al.* (2008) mencionan que la mayor densidad estomática a altas luminosidades puede prevenir estrés fotooxidativo, al disminuir la resistencia interna de difusión de CO_2 y evitar baja concentración de CO_2 en los sitios de fijación.

En plantas sin deficiencias nutricionales y en las deficientes en *Ca*, *K*, *Mg* y *S*, se encontraron menores densidades estomáticas cuando las plantas se desarrollaron al 25%, 50% y 70% de luminosidad en relación a las que crecieron a plena exposición lumínica. Las plantas deficientes en *N* presentaron mayor densidad estomática cuando se desarrollaron al 25% y 70% que cuando lo hicieron al 100% de exposición lumínica. Las plantas deficientes en *P* desarrolladas al 25% y 70% de luminosidad presentaron menores densidades estomáticas que cuando se desarrollaron con el 100% de exposición lumínica (Figura 7a-d).

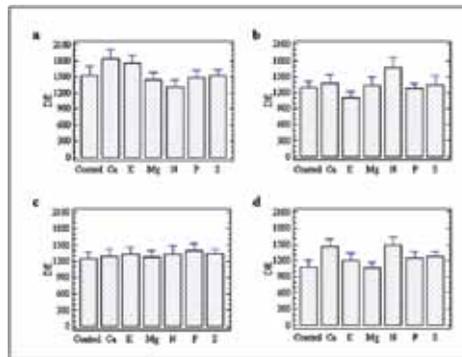


Figura 7. Promedios de densidad estomática (DE: estomas/mm²) en hojas de plantas de *E. stipitata* con deficiencias de nutrientes, según exposición lumínica: a) 100%, b) 70%, c) 50%, d) 25%.

Para el estudio anatómico se realizaron cortes a mano alzada para corroborar la distribución de los tejidos del mesófilo. En estos cortes se observó que *E. stipitata* (Figura 8) presenta epidermis superior uniestratificada, seguida por un estrato de parénquima de empalizada, varios estratos de parénquima esponjoso y epidermis inferior uniestratificada, similar a lo reportado por Gomes *et al.*, (2009).

Se encontró que la mayor cantidad de cloroplastos se ubicaron en el parénquima de empalizada, lo cual es congruente con la generalización que en el mesófilo de hojas dorsiventrales es el parénquima de empalizada quien hace la mayor contribución a la fotosíntesis (Esau, 1965).

Las hojas de *E. stipitata* presentaron indumento de pelos simples en el haz y el envés, y estomas restringidos a la superficie abaxial. La epi-

dermis superior presentó células rectangulares, más anchas que largas, la epidermis inferior en cambio presentó células redondeadas a cuadrangulares, más pequeñas que las de la epidermis superior. Las células del parénquima de empalizada fueron alargadas y ocuparon la mitad hasta casi dos tercios del grosor del mesófilo. Las células del parénquima esponjoso fueron redondeadas y se dispusieron en tres a cuatro estratos. Hacia la superficie adaxial de la lámina, se encontraron glándulas oleíferas inmersas en el mesófilo (Figura 8d), las cuales son de origen epidérmico (Gomes *et al.*, 2009) y comunes en la familia Myrtaceae (Medeiros, 2000; Donato y Lange de Morretes, 2007; Gomes *et al.*, 2009).

En *E. stipitata* no se evidenciaron variaciones anatómicas en relación al número de estratos de los tejidos o disposición de los mismos, entre las hojas sujetas a los distintos tratamientos de luminosidad (Figura 8), sin embargo, si se evidenció menor grosor de la lámina en las hojas desarrolladas con el 25% de luminosidad en relación a las hojas con 100% de luminosidad (Figura 8 a, d). No se encontraron variaciones en la anatomía foliar debidas a las deficiencias de nutrientes en relación al control. Las hojas expuestas a mayor irradiancia son generalmente más gruesas debido a que aumentan el grosor del parénquima de empalizada (Vogelmann y Martin, 1993), por elongamiento del mismo (Gomes-Laranjo *et al.*, 2008), por divisiones periclinales o por ambos mecanismos (Terashima *et al.*, 2005). Este mayor grosor de las hojas se encontró en plantas de *E. stipitata* desarrolladas a mayor luminosidad, con respecto a las desarrolladas al 25% de luminosidad, encontrándose en las primeras aumento del grosor del mesófilo, con elongamiento de las células del parénquima en empalizada. Ivanova y P'yankov (2002) reportaron que la fracción del mesófilo en relación al volumen de la hoja disminuye con el sombreado, encontrándose entonces mayor volumen de tejido en plantas desarrolladas a altas luminosidades como se evidencia en *E. stipitata*.

Paiva *et al.* (2003) mencionan que el grosor del parénquima de empalizada es un buen predictor de la tasa máxima de fotosíntesis, únicamente a nivel especie específico. En general, el engrosamiento de la

hoja al aumentar la irradiancia se ha asociado con cambios estructurales y fotosintéticos (Paiva *et al.*, 2003). Por ejemplo, las tasas de saturación de luz de la fotosíntesis con base al área foliar, no solo dependen de la bioquímica fotosintética sino de la estructura del mesófilo, de manera que el incremento en el grosor del mesófilo, significa el incremento simultáneo en la resistencia a la difusión en los espacios intercelulares, en el área superficial total de los cloroplastos en contacto con los espacios intercelulares por unidad de área foliar y en el costo de construcción y mantenimiento de la hoja (Terashima *et al.*, 2001). Además, este notable engrosamiento puede favorecer la captura de fotones con base al área (Hanba *et al.*, 2002). La forma columnar de las células del parénquima de empalizada facilita la penetración de la luz directa, lo cual puede ser de especial importancia en las hojas más gruesas a mayor irradiancia, pues al permitir que la luz penetre a mayor profundidad en las hojas gruesas, se facilita la distribución más uniforme de la luz en los cloroplastos dentro de la hoja (Vogelmann y Martin, 1993). Esto puede optimizar la fotosíntesis total de la hoja, la cual aparte de ser afectada por la capacidad fotosintética de los cloroplastos, también es afectada por las propiedades ópticas de los tejidos del mesófilo (Vogelmann y Martin, 1993).

Aparte del incremento en el grosor del mesófilo en *E. stipitata*, también se encontró un incremento en la razón masa/área de la hoja en las plantas expuestas a plena luminosidad. Esta modificación de la razón masa/área, según Robakowski *et al.* (2003) refleja cambios estructurales en las hojas, los cuales se asocian fuertemente con la mayoría de los cambios en la capacidad fotosintética.

En *E. stipitata* no se encontró efecto significativo de las deficiencias nutricionales sobre la anatomía, lo cual es consistente con lo establecido por Terashima *et al.* (2005) referente a que la aclimatación a la luz generalmente no es afectada por el estado nutricional.

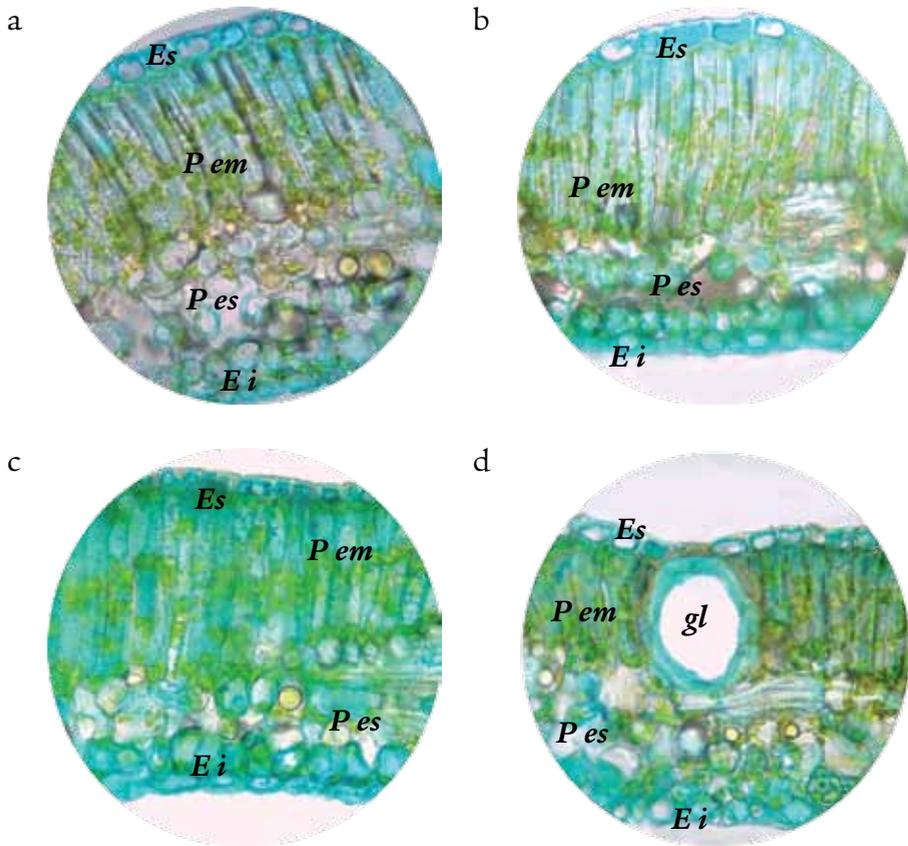


Figura 8. Microfotografías de cortes transversales a mano alzada de la lámina foliar de *E. stipitata*. Plantas sin deficiencias nutricionales desarrolladas bajo el 100% (a), 70% (b), 50% (c) y 25% (d) de exposición lumínica. Objetivo 100X (a, b, d) y 40X (c). Montajes en fresco, tinción: azul de metileno. *E*: epidermis superior (*s*) e inferior (*i*); *Pem*: parénquima empalizada; *Pes*: parénquima esponjoso, *hv*: haz vascular; *gl*: glándula oleífera.

Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

En la figura 9 se observa la tendencia del efecto de nutrientes y de la luz en plantas de arazá crecidas bajo diferentes regímenes de luminosidad (25, 50, 70, 100% de luminosidad). En general, los parámetros relacionados con crecimiento de las plantas (longitud de la hoja, diámetro del tallo, peso seco) presentan curva sigmoideal.

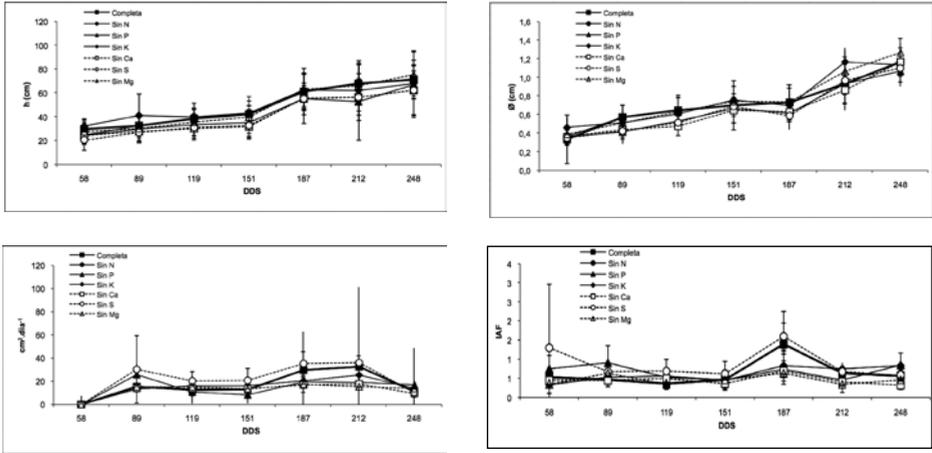
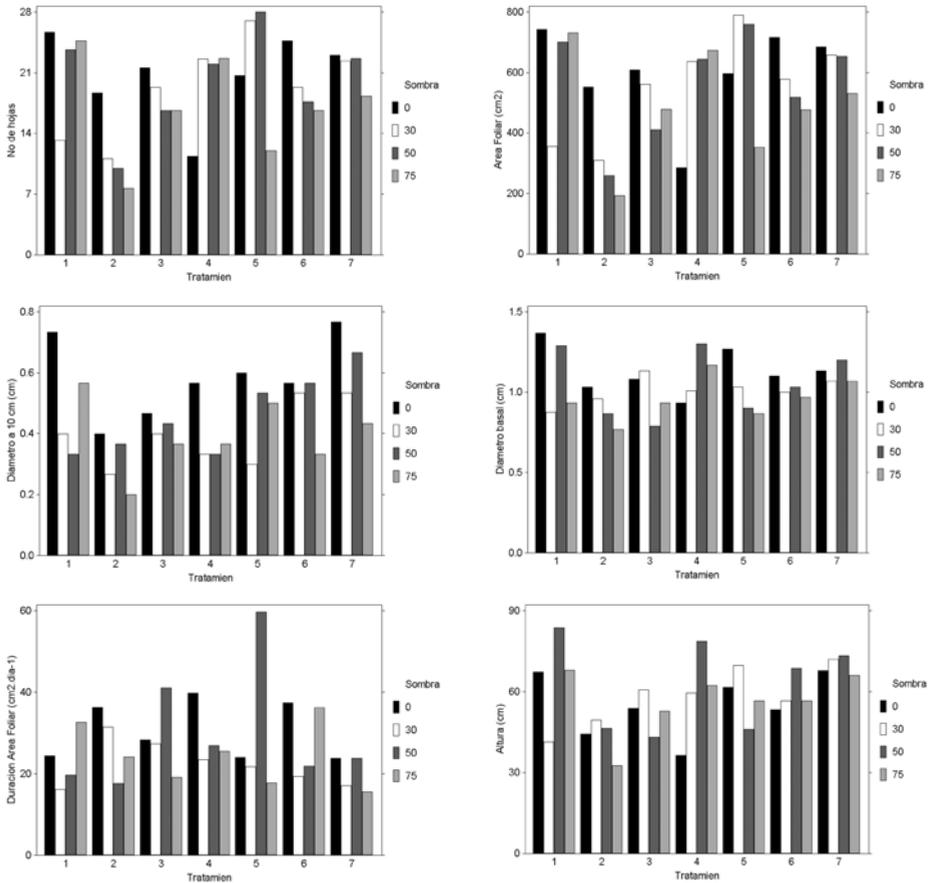


Figura 9. Efecto de nutrientes y de la luz en plantas de copoazú crecidas en vivero



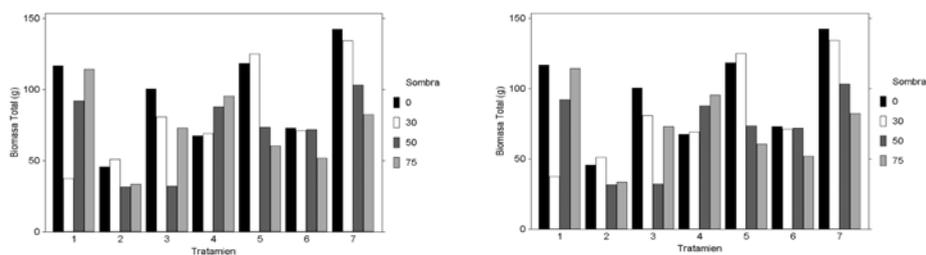


Figura 10. Efecto de la luminosidad y nutrientes en variables fisiológicas de copoazú. 100% de luminosidad (0% sombra), 70% de luminosidad (30% sombra), 50% luminosidad (50% sombra), 25% luminosidad (75% sombra)

En la figura 10 se observa que no hay un patrón característico sobre las diferentes variables fisiológicas por efecto de las intensidades de radiación; tampoco se observa relación clara con los tratamientos de las plantas expuestas a nutriente faltante.

En la figura 11 se observan las biomases obtenidas por órgano y por planta. En todos los regímenes de luz la biomasa en tratamientos con nutriente faltante N se disminuyó. En general para todos los tratamientos no se observan diferencias.

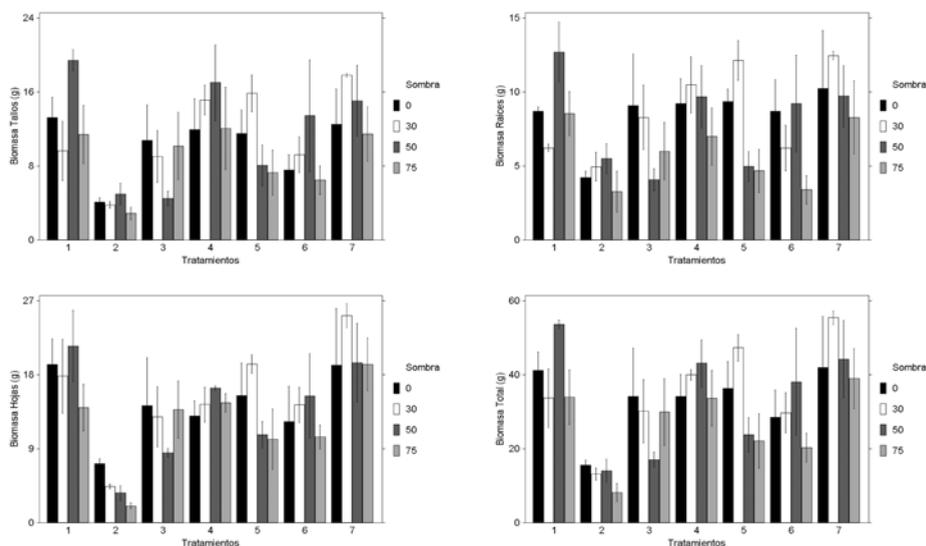
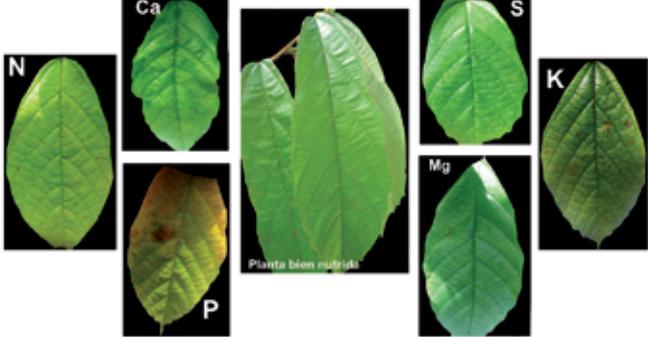


Figura 11. Biomasa obtenida por órgano y por planta. 100% de luminosidad (0% sombra), 70% de luminosidad (30% sombra), 50% luminosidad (50% sombra), 25% luminosidad (75% sombra)

En la figura 12, se presenta un resumen de los síntomas observables por la deficiencia de algunos nutrientes.

IDENTIFICACION DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES A TRAVES DE SINTOMAS VISIBLES EN COPOAZU
(*Theobroma grandiflorum* Will ex Spreng Shum)



ELEMENTO	SÍNTOMAS VISIBLES
Nitrógeno (N)	Amarillamiento intenso y generalizado en hojas jóvenes y adultas, menor tamaño de la planta, puntos negros en la cara superior hacia el borde las venas.
Fósforo (P)	Manchas negras irregulares en las hojas, color amarillo a rojizo en la base de la hojas adultas.
Potasio (K)	Amarillamiento en hojas adultas desde el borde hacia el centro y hacia la punta de la hoja, se reduce el numero de hojas.
Azufre (S)	Decoloración en toda la hoja y reducción del tamaño, las venas se tornan mas pálidas que la superficie de la hoja
Calcio (Ca)	Hojas nuevas anormales con encurvamientos hacia adentro de los bordes de la hoja, se forman puntos negros entre las venas y caída prematura de la hoja.
Magnesio (Mg)	Amarillamiento intervenal en hojas jóvenes con permanencia de color verde intenso en las venas.



Figura 12. Guía para la identificación en campo de síntomas por nutriente faltante en copoazú

En relación con los pigmentos se observa que la concentración foliar de *Chl a*, *Chl b*, *Chl(a+b)* y *C(c+x)* se caracterizan por la interacción entre la luz y las deficiencias nutricionales (Figura 13).

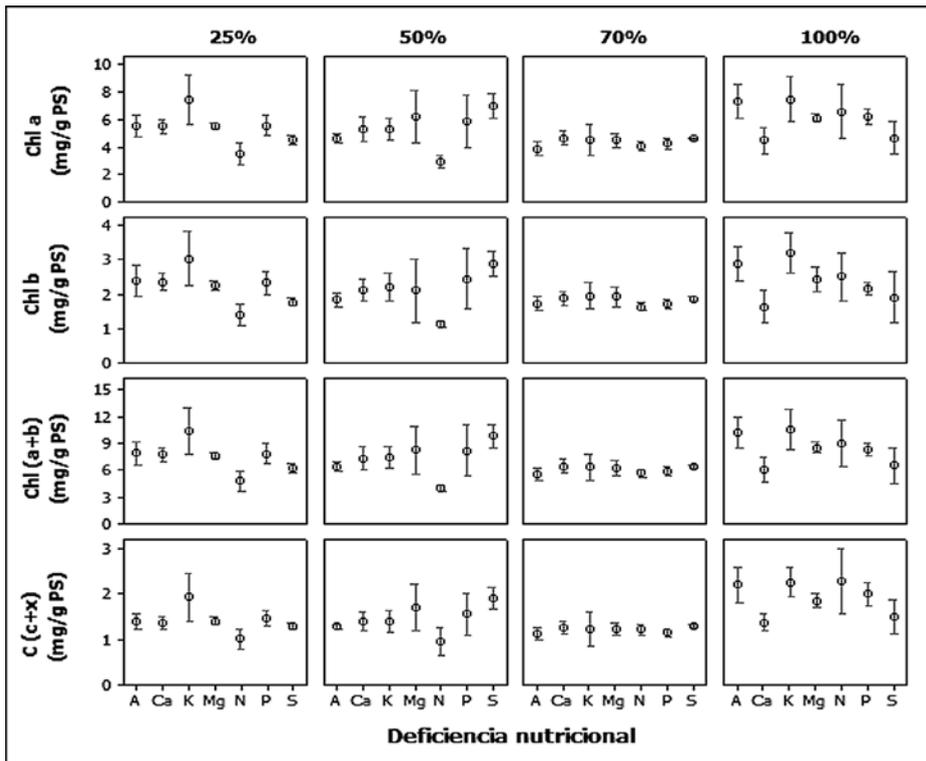


Figura 13. Concentración de pigmentos en relación al peso seco (PS) foliar en plantas de *T. grandiflorum* sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (25%, 50%, 70% y 100%) y deficiencia nutricional. A: Control sin deficiencias de nutrientes. n=3

En general, no se observaron efectos significativos de la exposición lumínica sobre las concentraciones de *Chl a*, *Chl b* y *Chl (a+b)*, aunque en el caso de las plantas deficientes en *N* se encontraron concentraciones significativamente mayores de estos pigmentos cuando se desarrollaron al 100% que cuando crecieron al 25% de exposición (Figura 13). Los tratamientos de luminosidad tampoco afectaron significativamente la concentración de *C (c+x)*; sin embargo, en el caso particular de las plantas control y las deficientes en *N*, las desarrolladas a 100% de exposición lumínica presentaron concentraciones significativamente mayores de estos pigmentos que las plantas desarrolladas a menores niveles de exposición lumínica (Figura 13). En general, las deficiencias nutricionales no afectaron las concentraciones de clorofilas ni carotenoides,

y tuvieron bajo efecto sobre las razones entre pigmentos, las cuales solo fueron afectadas por las deficiencias de N y S en las plantas con menor luminosidad. Esto sugiere que la especie posee bajo requerimiento de nutrientes, lo que puede ser una respuesta adaptativa, considerando que *Theobroma grandiflorum* es una especie neotropical originaria de la Amazonia, región que se caracteriza por poseer suelos muy acidificados y pobres en nutrientes (Moreira dos Santos *et al.*, 2006).

Respecto a la densidad estomática, *T. grandiflorum* presenta estomas voluminosos los cuales se encuentran por encima del nivel de las células epidérmicas, restringiéndose exclusivamente a la superficie abaxial (envés) de la lámina. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Rodrigues *et al.* (2008).

En general las plantas de *T. grandiflorum* desarrolladas a plena luminosidad presentaron mayor densidad de estomas que con el 25% de luminosidad, lo cual es consistente con los amplios reportes que indican el incremento de la densidad estomática foliar en plantas desarrolladas con alta luminosidad en comparación con baja luminosidad (Boardman, 1977; Hanba *et al.*, 2002; Lichtenthaler *et al.*, 2007; Matos *et al.*, *in press*). Wika *et al.* (2008) mencionan que la mayor densidad estomática a altas luminosidades puede prevenir estrés fotooxidativo, al disminuir la resistencia interna de difusión de CO₂ y evitar bajas concentración de CO₂ en los sitios de fijación.

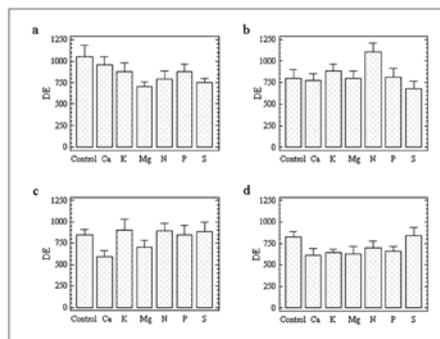


Figura 14. Promedios de densidad estomática (DE: estomas/mm²) en hojas de plantas de *T. grandiflorum* con deficiencias de nutrientes, según exposición lumínica: a) 100% b) 70% , c) 50% y d) 25%.

Corte transversal de hoja y observación microscópica de la anatomía de *T. grandiflorum* indica epidermis superior uniestratificada, seguida por un estrato de parénquima de empalizada, varios estratos de parénquima esponjoso y epidermis inferior uniestratificada. La mayor cantidad de cloroplastos se ubican en el parénquima de empalizada, lo cual es congruente con la generalización que en el mesófilo de hojas dorsiventrales es el parénquima de empalizada quien hace la mayor contribución a la fotosíntesis (Esau, 1965). No se encontraron variaciones en la anatomía foliar debidas a las distintas condiciones de luminosidad (Figura 15) y nutrientes durante el desarrollo de las plántulas de *T. grandiflorum*.

En general, las hojas de *T. grandiflorum* presentan dos tipos de indumento, de forma estrellada, uno de mayor tamaño y esparcido por el envés, y otro de menor tamaño distribuido densamente en el envés y menos frecuentemente en el haz. En la superficie adaxial (haz) la epidermis está constituida por células cuadrangulares. En la superficie abaxial (envés), las células epidérmicas son redondeadas; los estomas se observan por encima del nivel de las células epidérmicas y por debajo del nivel del indumento. Las células del parénquima de empalizada son alargadas y ocupan de un tercio a un medio del grosor del mesófilo, las células del parénquima esponjoso son isodiamétricas, con grandes espacios intercelulares, distribuidas en dos a tres estratos. La epidermis inferior presenta células isodiamétricas. Estas características concuerdan con el estudio anatómico realizada por Rodrigues *et al.* (2008) en esta misma especie.

En *Theobroma grandiflorum* no se presentaron cambios anatómicos del mesófilo ante las variaciones del entorno lumínico. Los grandes espacios de aire intercelulares observados en las hojas de esta especie y la forma irregular de las células del parénquima esponjoso facilitan que la luz se refleje y refracte, aleatorizando su dirección de viaje, un fenómeno que es llamado “scattering” de la luz (Paiva *et al.*, 2003), lo cual puede favorecer el aprovechamiento de la luz incidente en las hojas de *T. grandiflorum* expuestas a bajas irradiancias. A pesar que se ha atribuido al parénquima esponjoso la función de reflejar de vuelta la luz que ha atravesado el parénquima en empalizada, Ivanova y P’yankov (2002) han reportado que las células del tejido esponjoso poseen gran potencial de asimilación de

CO₂ y contribuyen considerablemente a la fotosíntesis total de la hoja, encontrando que pueden proveer cerca de la mitad de la conductancia del CO₂ total que entra a la hoja y que la contribución de éste tejido se incrementa bajo condiciones de sombreado.

No se encontró efecto significativo de las deficiencias nutricionales sobre la anatomía, lo cual es consistente con lo establecido por Teras-hima *et al.* (2005) referente a que la aclimatación a la luz generalmente no es afectada por el estado nutricional.

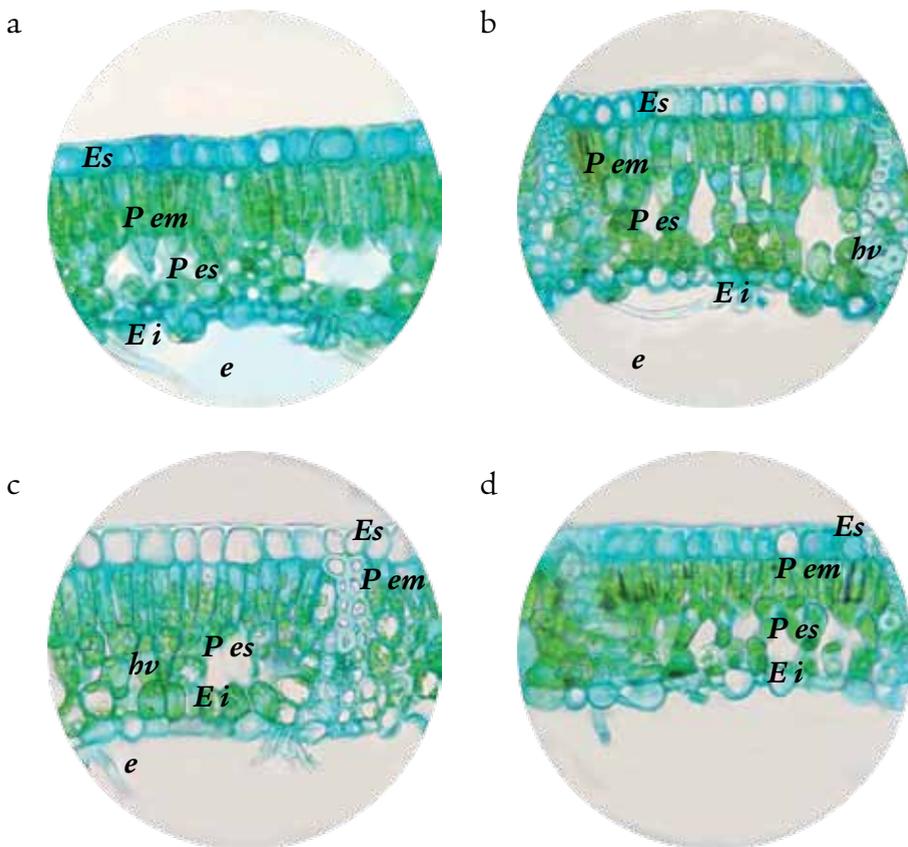


Figura 15. Microfotografías de cortes transversales de la lámina foliar de *T. grandiflorum*. Plantas sin deficiencias nutricionales desarrolladas bajo el 100% (a), 70% (b), 50% (c) y 25% (d) de exposición lumínica. Objetivo 100X. Montajes en fresco, tinción: azul de metileno. E: epidermis superior (s) e inferior (i); Pem: parénquima empalizada; Pes: parénquima esponjoso, hv: haz vascular; e: estoma.

Teniendo en cuenta lo encontrado a través de los ensayos en arazá y copoazú encontramos: i) en el caso de arazá con las variables evaluadas, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para los tratamientos de déficit nutricional en las variables biomasa total y altura, mientras que para las variables Área Foliar y diámetro basal si se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$).

ii) En el caso de copoazú por el contrario, se encontraron diferencias significativas a nivel de la altura, el área foliar y la biomasa total ($P < 0.05$) y no se hallaron diferencias significativas a nivel del diámetro basal ($P > 0.05$). En cuanto al nivel de irradiancia se registraron diferencias significativas en arazá para área foliar y diámetro basal ($P < 0.05$) mientras que en copoazú no se hallaron diferencia para ninguna de las variables ($P > 0.05$).

iii) A pesar que en la literatura se reporta que usualmente la densidad estomática varía entre diferentes porciones de la lámina foliar (Espinosa-Osornio *et al.*, 2002), en ninguna de las especies estudiadas se encontró diferencia significativa entre la densidad estomática de los tercios apical, medio y basal de la hoja para alguno de los tratamientos.

iv) La plasticidad fenotípica se entiende como la capacidad de un genotipo dado de expresar fenotipos diferentes ante condiciones ambientales diferentes (Valladares *et al.*, 2007), esta respuesta puede presentarse en rasgos morfológicos, fisiológicos o anatómicos del individuo. Por esto, la capacidad de respuesta plástica ante el entorno puede explicar parcialmente la distribución ecológica de las especies (Valladares *et al.*, 2007). Ante variaciones del entorno lumínico, *Eugenia stipitata* presentó respuestas plásticas en los parámetros evaluados como las características de crecimiento y desarrollo, concentración de clorofilas a, b y totales, y anatómicos como la densidad estomática y el grosor del mesófilo. Este comportamiento de disminuir el grosor de la lámina y aumentar las clorofilas en relación al peso con el sombreado, es característico de especies sucesionales tardías con tolerancia a la sombra, en las que bajo condiciones limitantes de luz se invierten más asimilados en la formación de clorofilas para el sistema cosechador de luz y se incrementa el área foliar específica (Lewandowska y Jarvis, 1977). Esta capacidad

de *E. stipitata* le confiere la capacidad de colonizar un amplio rango de ambientes lumínicos, sugiriendo que puede ser cultivada en ambientes expuestos o sombreados, no menores al 30%; sin embargo, a plena exposición lumínica es factible que exista un uso ineficiente de los recursos, puesto que no se encontró aumento en el contenido de carotenoides que se requieren para aliviar el daño fotooxidativo que generalmente se presenta en condiciones de exceso de energía lumínica.

En tanto que en *Theobroma grandiflorum* la estabilidad en la respuesta de los rasgos bioquímicos (pigmentos y razón *Chl a/b*) y anatómicos (grosor de la lámina) foliares ante los cambios en luminosidad y nutrientes, es producto de la especialización de esta especie a las condiciones de poca luminosidad del sotobosque y de pocos nutrientes en el bosque húmedo tropical de la Amazonia. La poca plasticidad de *T. grandiflorum* resulta adaptativa.

v) En el presente estudio, la deficiencia de nitrógeno afectó la plasticidad de los rasgos bioquímicos (pigmentos), pero no de los anatómicos, de las hojas de *T. grandiflorum* y de *E. stipitata*, encontrándose mayores efectos en esta última especie. Esto demuestra que plasticidad es funcionalmente restringida (Valladares *et al.*, 2007), de manera que la plasticidad en la respuesta a un factor dado, en este caso la luz, puede estar directamente limitada por un rango dado de valores de otro factor, como la disponibilidad de nitrógeno.

Literatura Consultada

- Alvis E, Tresmondi F, Longui E. 2008. Análise estrutural de folhas de *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) coletadas em ambientes rural e urbano, SP, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(1):241-248.
- Boardman NK. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28:355-377.
- Donato AM, Lange de morretes B. 2007. Anatomia foliar de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Myrtaceae) proveniente de áreas de restinga e de floresta. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 17(3):426-443.
- Esau K. 1965. *Plant Anatomy*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.

- Espinosa-Osornio G, Vargas-Simón G, Engleman M. 2002. Contribución al estudio de la anatomía foliar del icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). *Bioagro*14(1):29-36.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Land and water development division. 1998. Guide to efficient plant nutrition management. Rome. 28 p.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL. 1985. Physiology of crop plants. Blackwell publishing company. Iowa. PP 326
- Gomes-laranjo J, Coutinho J, Galhano V, Ferreira-Cardoso J. 2008. Differences in photosynthetic apparatus of leaves from different sides of the chestnut canopy. *Photosynthetica* 46(1):63-72.
- Hanba YT, Kogami H, Terashima I. 2002. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant, Cell and Environment* 25:1021-1030.
- Ivanova LA, P'yankov VI. 2002. Structural Adaptation of the Leaf Mesophyll to Shading. *Russian Journal of Plant Physiology* 49(3):419-431.
- Jones C, Jacobsen J. 2001. Plant nutrition and soil fertility. Nutrient management module No. 2. Montana State University -Extension service.
- Kovacik J, Klejdus B, Backor M, Repcak M. 2007. Phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* leaf rosettes. *Plant Science* 172:393-399
- Larcher W. 2003. Physiological plant ecology. 4th edition. Springer. Germany. 513 p.
- Lewandowska M, Jarvis P. 1977. Changes in chlorophyll and carotenoid content, specific leaf area and dry weight fraction in Sitka spruce, in response to shading and season. *New Phytol.* 79:247-256.
- Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. En: S.P. Colowick, N.O. Kaplan (Eds.), *Methods in Enzymology*, vol. 148, Academic Press, San Diego, pp 350-382.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London. 889p
- Matos FS, Wolfgramm R, Gonçalves FV, Cavatte PC, Ventrella MC, Damatta FM. (in press). Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. *Environ. Exp. Bot.* doi:10.1016/j.envexpbot.2009.06.018

- Medeiros JD. 2000. Anatomia foliar de *Eugenia umbelliflora* Berg (Myrtaceae). *Biotemas* 13:7-20.
- Moreira dos Santos U, Carvalho JF, Feldpausch TR. 2006. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. *Forest Ecology and Management* 226:299-309.
- Paiva EAS, Dos RM, Isaias S, Vale FHA, Queiroz CG. 2003. The influence of light intensity on anatomical structure and pigment contents of *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. *Purpurea Boom* (Commelinaceae) Leaves. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46(4):617-624.
- Robakowski P, Montpied P, Dreyer E. 2003. Plasticity of morphological and physiological traits in response to different levels of irradiance in seedlings of silver fir (*Abies alba* Mill). *Trees* 17:431-441.
- Rodrigues M, Nogueira A, Ferreira C. 2008. Morfologia foliar de *Theobroma grandiflorum* Schum. *Ciência Rural* 38(2):530-533.
- Terashima I, Araya T, Miyazawa S, Sone K, Yano S. 2005. Construction and maintenance of the optimal photosynthetic systems of the leaf, herbaceous plant and tree: an eco-developmental treatise. *Annals of Botany* 95:507-519.
- Terashima I, Miyazawa SI, Hanba T. 2001. Why are sun leaves thicker than shade leaves? Consideration based on analyses of CO₂ diffusion in the leaf. *J Plant Res* 114:93-105.
- Valladares F, Gianoli E, Gómez JM. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* 176:749-763.
- Van Reuler, H, Prins WH. 1993. The role of plant nutrients for sustainable food production in sub-Saharan Africa. Leidschendam, The Netherlands, VKP, 232p.
- Vogelmann TC, Martin G. 1993. The functional significance of palisade tissue: penetration of directional versus diffuse light. *Plant, Cell Environ.*, 16:65-72.
- Wyka T, Robakowski P, Żytkowiak R. 2008. Leaf age as a factor in anatomical and physiological acclimative responses of *Taxus baccata* L. needles to contrasting irradiance environments. *Photosynth Res* 95:87-99.

Capítulo 2

Interacciones planta-ambiente en modelos de producción con arazá (*Eugenia stipitata*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

35

J Barrera¹, N Orjuela², L M Melgarejo², D. Caicedo¹ M.S. Hernández¹
G. Vargas¹

En los vegetales y especialmente en las plantas superiores cultivadas, el crecimiento y el desarrollo de sus órganos están regulados por factores ambientales y genéticos. Bajo condiciones naturales, la cantidad y calidad de la luz determinan la producción de asimilados, la morfogénesis y el rendimiento biológico y agronómico (Hay y Walker, 1989). La radiación fotosintéticamente activa (PAR), entendida como la cantidad total de energía proveniente del sol en forma de fotones y con longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (nm), ha sido establecida como uno de los factores determinantes para calcular los rendimientos potenciales de los cultivos, ya sean densos o sembrados en arreglos especiales (De Castro y Fetcher, 1998; Wünsche, 2000). En la medida en que está cambiando el concepto productivo hacia la agricultura sostenible, se ha infundido mayor preponderancia al manejo de las características de las plantas para captar la luz y su habilidad para utilizarla en la fotosíntesis. El

¹ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI

² Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal, departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

tamaño, forma, distribución y arquitectura del dosel, hacen parte fundamental de dicha capacidad en los vegetales cultivados, para poder mantener rendimientos altos en cuanto a producción de biomasa y conversión de ésta en órganos agrícolamente aprovechables (Vos y Van der Putten, 2001).

Las respuestas de las plantas a la intensidad lumínica tienen, en principio, dos límites de referencia: el punto de compensación luminoso (PCL) y el punto de saturación de luz (PSL). El primero es el nivel de intensidad lumínica en el cual la fotosíntesis medida como consumo de CO₂ y la respiración medida como liberación de CO₂, son iguales (Ulrich, 1997; Ricklefs y Miller, 2000). Este parámetro varía con las diferentes especies y con las condiciones en las cuales se desarrollan las plantas (Taiz y Zeiger, 1998). De mayor importancia es sin duda alguna la respuesta fotosintética, pues la fotosíntesis es el punto de encuentro entre el mundo físico y el biológico (Ricklefs y Miller, 2000). De ahí la enorme importancia de la respuesta adaptativa de las plantas a la intensidad lumínica. En la fotosíntesis la energía lumínica proveniente del sol se transforma en energía potencial o química, acumulable en los enlaces covalentes de las moléculas orgánicas. Este mecanismo provee a las plantas de los precursores de macromoléculas y de la energía necesarias para construir sus tejidos, crecer y desarrollarse. La tasa fotosintética varía con la concentración de CO₂, la intensidad de la radiación solar, la temperatura, la habilidad de la planta para regular la pérdida de agua y la concentración y disponibilidad de nutrimentos. El metabolismo fotosintético es el proceso fisiológico más importante, de él dependen la productividad primaria y el rendimiento de los cultivos (Zelitch, 1982; Beadle et al., 1985; Boerma y Ashley, 1988; citados por El-Sharkawy et al., 1993).

Cada organismo tiene un rango estrecho de condiciones en las cuales se desarrolla mejor y dentro de ese rango, un punto óptimo, sujeto a la selección natural, que le permite funcionar adecuadamente bajo condiciones ambientales específicas (Ricklefs y Miller, 2000). Las plantas cultivadas están expuestas a una amplia fluctuación de condiciones ambientales como son la luz y la temperatura, así como al

suministro de agua y nutrientes, por lo que han aclimatado su aparato fotosintético para ser altamente flexible en estructura y actividad (Loomis y Amthor, 1999).

En condiciones naturales, factores abióticos como la luz y el agua varían espacial y temporalmente en los diferentes ambientes, restringiendo el crecimiento y la distribución de las plantas (Schulze et al., 1987; Sultan y Bazzaz, 1993). Evidencias indican que en diversas especies vegetales las variaciones en la disponibilidad de estos recursos, pueden ocasionar cambios morfológicos y alteraciones en la asignación de biomasa (Evans y Poorter, 2001; Valladares et al., 2002; Sivamani et al., 2000). Las especies amazónicas como el arazá (*Eugenia stipitata*) y el copoazú (*Theobroma grandiflorum*) no están exentas a estas circunstancias.

En un estudio realizado por Bermeo (2002) en plantas de arazá y haciendo uso de modelos de regresión polinomial, se pudo estimar valores de área foliar y masa seca en árboles de arazá, sin recurrir a muestreos destructivos durante su crecimiento, encontrando periodos de máxima acumulación de fotosintetizados y con ciclos de expansión foliar definidos de acuerdo a las condiciones del estudio. Similar respuesta encontró Zambrano (2003) al desarrollar sendos modelos de regresión para estimar parámetros fisiológicos como área foliar y masa seca en árboles de copoazú. Sin embargo, estos estudios no arrojan información acerca del comportamiento ecofisiológico de estas especies cuando se desarrollan en habitats asociados (agroforestales) y es poca la información acerca de cómo se afecta la eficiencia productiva cuando están asociados, ya que se afecta la cantidad de luz recibida por la planta (Jarman et al., 1999). Kantén y Beer (2005) evaluando el crecimiento de arazá bajo sombra de dos especies maderables encontraron un aparente mejor desarrollo de las plantas a menor intensidad de sombra y una mayor producción de frutos.

En principio, la fertilización de estas especies se debe formular con base a los requerimientos minerales de las especies y la disponibilidad de nutrientes del suelo donde se establecerán. Una vez 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 tanto del arazá como del copoazú. Debido a ello la fertilización de la especie ha sido hecha en forma empírica, lo que por otro lado no deja de tener su valor. Muchas veces la fertilización del arazá fue hecha a base de abono orgánico (estiércol). Aun cuando éstas no se han basado en los requerimientos de la planta, la fertilización orgánica ha contribuido a elevar la producción, además de posibilitar una mejor estructura del suelo y/o recomposición de la fauna del mismo. Pinedo (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 3 meses y así sucesivamente, aumentando 1 kg cada año.

El copoazú se destaca con un elevado potencial para ser utilizado en sistemas agroforestales debido a que es una especie que se desenvuelve bien en condiciones de sombreado (Ribeiro, 1992). Entretanto, los suelos de Amazonia en su gran mayoría poseen bajos niveles de P disponible para las plantas (Smyth y Cravo, 1990), siendo este un factor limitante a cualquier actividad agrícola en esta región (Cravo y Smyth, 1997), agravado por los elevados precios de los fertilizantes comercializados en la zona (Mota y Silva, 2006). Mota y Silva (2006) encontraron respuestas positivas a la fertilización fosfatada en el copoazú con aplicaciones de 30 Kg-ha de P. Figueiredo et al. (2006) mencionan que las concentraciones de N, P y K en hojas de copoazú varían en función de la misma y que los niveles de nutrientes disminuyen posterior a la cosecha. De ahí la importancia de poder diagnosticar la sintomatología de deficiencias en forma oportuna, para favorecer el máximo de cuajamiento de frutos, que en copoazú se reporta en un 5%. Probablemente los factores que más influyen en la floración del copoazú son la disminución en la precipitación y el aumento de horas luz por día, esto puede inducir estrés hídrico en las plantas y desencadenar la floración al reanudarse las lluvias (Varón et al., 2001).

En la Amazonia donde se desarrollan los modelos productivos con arazá y copoazú, los suelos se caracterizan por tener un pH bajo, alto contenido de aluminio y manganeso, bajos en bases y alta capacidad de retención de fósforo. Por lo tanto, los modelos de producción asociados han sido promovidos como alternativa para lograr maximizar los rendimientos económicos por hectárea.

Los Sistemas Agroforestales no son una práctica nueva, desde hace varios milenios las comunidades indígenas vienen utilizando estas prácticas, pero con una denominación diferente (Chagras); en sí la combinación de plantas domesticadas con otras que son silvestres y sirven para otros propósitos (construcción de vivienda, fibras, colorantes, medicinales y mágico - religiosas), constituyen las denominadas Chagras. En tiempos recientes con arreglos sistemáticos un poco diferentes y con otros propósitos vienen a ser lo que se ha dado a llamar Sistemas Agroforestales o SAF.

Estos mismos sistemas los ha implementado el campesino o colono, que ha constituido “La Huerta” de la finca con diversos tipos de plantas, como lo son: palmas, frutales, hierbas medicinales, hortalizas y ornamentales, utilizados en diversos propósitos, desde la alimentación diaria hasta el sostenimiento y refugio para los animales de la finca. Según Montagnini et al. (1992) “Los SAFs son un arreglo de componentes en los que los árboles, cultivos y pastos, los animales, los suelos, las malezas, los insectos y microorganismos funcionan como una unidad en el tiempo y el espacio, interactuando positiva y negativamente y usando la base de los recursos naturales para obtener productos y beneficios agrícolas, forestales, animales, ambientales y sociales”

Los sistemas agroforestales se enmarcan dentro del concepto de sistema, el cual se define como: “un arreglo o conjunto de componentes, unidos o relacionados de tal manera que forman una entidad o un todo”; sus componentes incluyen poblaciones de plantas cultivadas y animales en el espacio o a través del tiempo; funcionalmente es una unidad que procesa ingresos tales como radiación solar, agua,

nutrientes y produce egresos tales como leña, alimentos, fibras (Montagnini et al. 1992).

Tabla 1. Caracteres fisionómicos de parcelas agroforestales con Araza y copoazú

Carácter fisionómico	Parcela 2 arazá	Parcela 3 arazá	Parcela 1 copoazú	Parcela 2 copoazú	Parcela 3 copoazú
Densidad	51	21	19	18	47
Máximo de DAP (cm)	19,26	63,47	32,15	34,38	36,45
Promedio de DAP (cm ²)	9,43	20,51	18,1	24	19,85
Promedio de Altura Total (M)	2,86	7,79	14,53	14,4	11,85
Máximo de Altura Total	5	18	18	18	18
Promedio de Area Basal (M)	0,074	0,16	0,14	0,19	0,16
Máximo de Area Basal (M)	0,15	0,5	0,25	0,27	0,29
Promedio de Cobertura (M)	3,64	16,54	16,66	12,8	7,44
Máximo de Cobertura (M)	13,5	147,7	33,22	24,64	15,75
Porcentaje de cobertura %	18,6	34,7	31,66	23,02	34,98
Porcentaje de luminosidad %	81,4	65,3	68,34	76,98	65,02

En el sur del departamento del Caquetá se viene consolidando un importante frente de producción basado en el cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis*), y la asociación con otras especies en arreglos agroforestales. El modelo predominante al sur del departamento es arazá (*Eugenia stipitata*), Caucho (*Hevea brasiliensis*) y Nogal (*Cordia alliodora*) en una densidad de 1000 árboles Ha⁻¹ (Figura 1) aproximadamente dispuestos así: 600 árboles de caucho, 300 de arazá y 100 de nogal en una hectárea. (Hernandez et al., 2006). Hacia el norte el modelo imperante asocia caucho (*Hevea brasiliensis*) con cacao (*Theobroma cacao*) tipo clones tradicionales o copoazú (*Theobroma grandiflorum*) (Figura 5).

Antes de implementar un modelo agroforestal se deben planificar los requerimientos ecofisiológicos de las especies a asociar y conciliar esta densidad con las expectativas económicas. Las altas densidades poblacionales pueden generar en el mediano plazo cierre de dosel en el estrato alto, generado por la competencia de las especies dominantes o arbóreas como sucede con el caucho (*H. brasiliensis*) y el nogal (*C. allio-*

dora). El arazá (*E. stipitata*) y el copoazú (*T. grandiflorum*), por ser especies de porte arbustivo, estarán en el estrato medio y pueden presentar limitaciones en captación lumínica. Se ha demostrado en el tiempo que las plantas que ocupan hábitats sombreados son incapaces de mostrar altas tasas fotosintéticas, sin embargo trabajan eficientemente a bajas intensidades de luz. Estudios alusivos al sombreadamiento 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.

Crecimiento de arazá (*E. Stipitata*) bajo ambientes sombreados



Figura 1. Plantación de arazá (*E. stipitata*) bajo arreglo agroforestal con Caucho (*H. brasiliensis*) y Nopal (*C. alliodora*).

Un factor ambiental de gran importancia que define la distribución y adaptación de las plantas a diferentes ambientes es la luz. Este

factor abiótico no solo es un recurso importante de energía, sino que también causa un estímulo que gobierna el desarrollo de las plantas y ocasionalmente, también es un factor que produce estrés en muchas especies vegetales (Larcher, 1995). Además, la luz es un elemento del ambiente que varía tanto temporal como espacialmente. En ese sentido, esa variación ambiental es el escenario propicio para que se evidencie plasticidad entre y dentro de las especies vegetales (Bazzaz y Morse, 1991). Sin lugar a dudas los factores climatológicos inciden en varios aspectos del cultivo y en la producción del arazá, ya que es una planta de fotoperiodo corto (necesita menos de 12 horas de luz), característica favorable en las condiciones climatológicas de la amazonia Noroccidental (Quevedo, 1995).

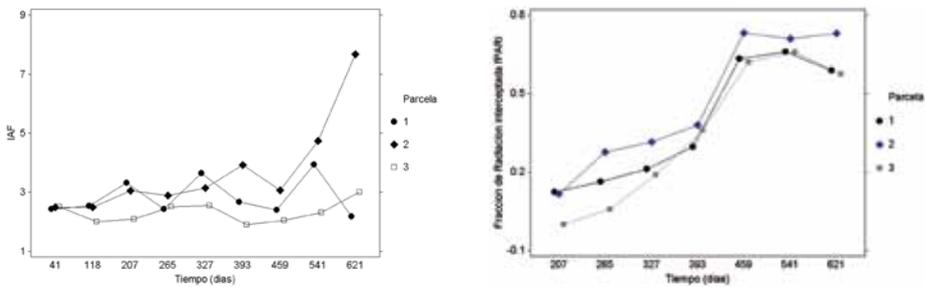


Figura 2. Índice de Área Foliar (IAF) y Fracción de radiación interceptada (fPARI) de árboles de arazá durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 100% de luminosidad, parcela 2: 81.4% de luminosidad y parcela 3: 65.3% de luminosidad

La interceptación de la luz en los distintos estratos de las plantas se relaciona estrechamente con el índice de área foliar (IAF), sobre todo con el IAF crítico - (Gardner et al., 1985; Idinoba et al., 2002). Boote y Pickering (1994) indican que la radiación PAR que llega a la superficie de las hojas externas de un dosel en un cultivo puede tomar las siguientes vías: radiación directa, la cual se percibe a cielo abierto y sin interferencia de ninguna clase; difusa, aquella fracción dispersada por efecto atmosférico y la nubosidad; la radiación difusa provocada por el autosombreamiento del dosel, es decir de estratos externos o

superiores sobre estratos bajos e internos y la emitida por la superficie del suelo.

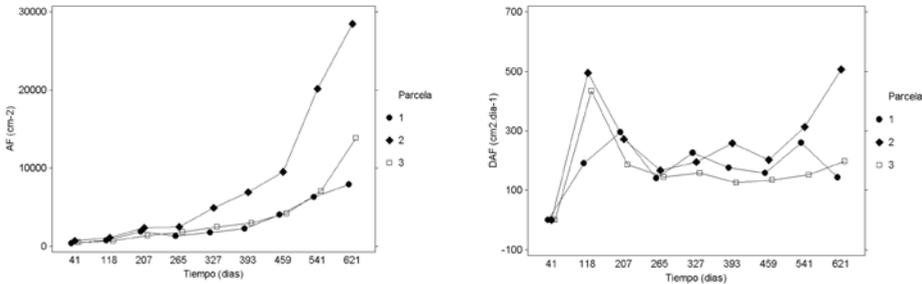


Figura 3. Área Foliar (AF) y Duración del Área Foliar (DAF) de árboles de arazá durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 100% de luminosidad, parcela 2: 81.4% de luminosidad y parcela 3: 65.3% de luminosidad.

En arazá la mayor proporción de radiación interceptada (fPARI) se da luego de 393 días de desarrollo (Figura 2), que coincide con los mayores incrementos en el IAF. Una correcta y apropiada distribución de radiación solar, entre y dentro de los doseles, dará como resultado un trabajo más homogéneo del IAF, mejor aprovechamiento de la luz, aumento en la eficiencia fotosintética, menos respiración de mantenimiento y, por tanto, mayores rendimientos agronómicos (Lee et al., 2000). Kanten y Beer (2005), evaluando el crecimiento de arazá 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 las tres luminosidades se nota la misma tendencia, en la cual a medida que se aumentó el tiempo de desarrollo, el área foliar por planta creció (Figuras 2 y 3). Sin embargo bajo una intensidad lumínica del 81.4% se logra la mayor área foliar y duración de la misma (Figuras 2 y 3) cumpliendo así los postulados de la competencia propuestos por Duncan (1984) y Gardner et al. (1985). El hecho de tener mayor área de captación de PAR en los doseles es un aspecto trascendente, pues define las directrices de la conformación del IAF y la conformación y duración de los estratos de absorción de la luz.

Las plantas creciendo a plena exposición, por estar a una mayor temperatura, muy posiblemente se ven obligadas a disminuir el área de la hoja, es igualmente restringida para evitar condiciones estresantes por acción de una mayor radiación directa, rica en rayos infrarrojos y ultravioleta, aspecto que concuerda con lo expresado por Christian-sen y Lewis (1991).

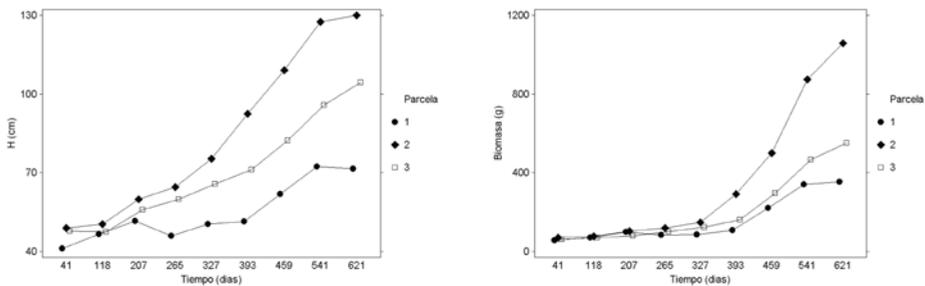


Figura 4. Altura total (H) y biomasa total de árboles de arazá durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 100% de luminosidad, parcela 2: 81.4% de luminosidad y parcela 3: 65.3% de luminosidad.

Algunos parámetros de crecimiento son de importancia relevante en los estudios de competencia y crecimiento de los cultivos (Patterson, 1981). Por ejemplo, la duración de área foliar (DAF) ó la cantidad de área foliar total presente durante un intervalo particular sirve como indicador del impacto potencial de una planta individual en una situación de competencia, porque el área foliar es importante en la competencia por la luz. De otra parte, la cantidad de materia seca producida por una planta individual es un indicador de su capacidad de utilización de los recursos disponibles para el crecimiento vegetal.

Es evidente que el arazá presta una respuesta de mejor desempeño bajo una luminosidad del 81.4% logrando una mejor altura y mayor producción de materia seca (Figura 4). Hasta los 207 días después de transplante la diferencia en el crecimiento no es notable, pero a partir de los 266 días hay una clara separación entre la menor irradiancia

disponible (parcela 1) y las parcelas 2 y 3. A partir de los 293 días hay una diferencia importante en el crecimiento logrado en las plantas bajo una luminosidad del 81.4% comparado con el 100% de luminosidad. Esto pone en evidencia el efecto agotador de la temperatura elevada constante al 100% de irradiancia, sobre todo en las fases intermedia y tardía del crecimiento vegetativo.

Crecimiento de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) bajo ambientes sombreados

Por ser una especie que se desarrolla bien bajo condiciones de sombrío (Ribeiro, 1992), el copoazú se destaca con un elevado potencial para ser utilizado en Sistemas Agroforestales. Sin embargo la decisión acerca de con qué especies y de qué manera se debe asociar debe tener presente criterios de la ecofisiología de la especie. Es claro que las comunidades vegetales presentan un sistema de capas sucesivas de hojas parcialmente superpuestas y sombreadas unas con otras. La luz incidente es absorbida progresivamente al pasar a través de las capas. Debido a la heterogeneidad de la arquitectura de la planta, el estudio de la transferencia de radiación solar dentro del follaje es difícil de explicar y por tal razón se tiende a considerar simplificaciones. Una generalización muy aceptada considera el follaje horizontal uniforme y establece que las características de su disposición foliar y de radiación no cambian dentro de las capas horizontales y solamente dependen del índice de área foliar. Según aumenta el índice de área foliar IAF aumenta la eficiencia de la interceptación de la radiación hasta llegar a un valor máximo. A partir de ese valor máximo, variable según el cultivo y el medio, no se incrementa la interceptación de la radiación, de forma que un aumento de la superficie foliar no será beneficioso para aumentar el rendimiento. Una adecuada elección del marco de plantación o de la densidad de siembra será fundamental para obtener una acertada producción por unidad de superficie.



Figura 5. Plantación de copoazú (*T. grandiflorum*) bajo arreglo agroforestal con Caucho (*H. brasiliensis*)

La producción potencial final de un cultivo, expresada como materia seca total y considerando que no hay ningún otro factor limitante, será función de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. Se han establecido relaciones lineales entre la productividad potencial, expresada como materia seca aérea, y la cantidad de radiación interceptada (PARI). Comparando los datos de producción potencial con la real podríamos conocer a qué nivel de optimización se está. Se podría incluso rechazar la introducción de un cultivo en una zona atendiendo a los valores de radiación al esperarse producciones no rentables.

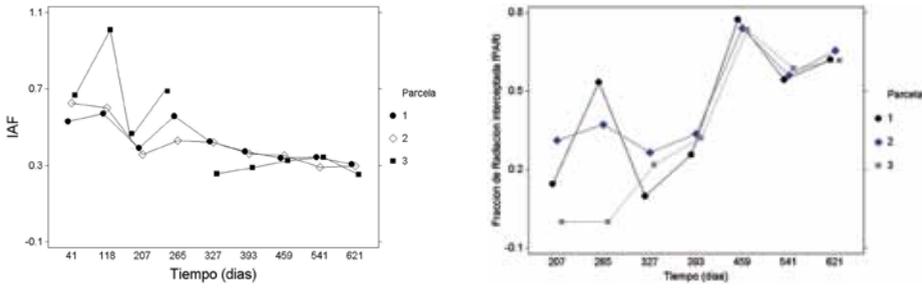


Figura 6. Índice de Área Foliar (IAF) y Fracción de radiación interceptada (fPARi) de árboles de copoazú durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 68.4% de luminosidad, parcela 2: 77% de luminosidad y parcela 3: 65% de luminosidad

La mayor proporción de fPARi en copoazú se alcanza hacia los 459 días (Figura 6) cuando inicia la diferenciación tricotómica del árbol y el IAF permanece constante. En cuanto a los procesos morfogénicos la fotomorfogénesis hace referencia a la influencia de la luz sobre el desarrollo de la estructura de las plantas. Según la adaptación a las condiciones de iluminación las plantas se clasifican en: 1) heliófilas: caracterizadas por hojas pequeñas estrechas y rizadas; 2) umbrófilas: caracterizadas por poseer hojas amplias anchas y poco espesas; y 3) indiferentes: se acomodan tanto a zonas de sombra como a la luz. El copoazú se comporta como especie umbrófila que adapta de manera temprana su dosel para lograr una mayor fracción de radiación interceptada.

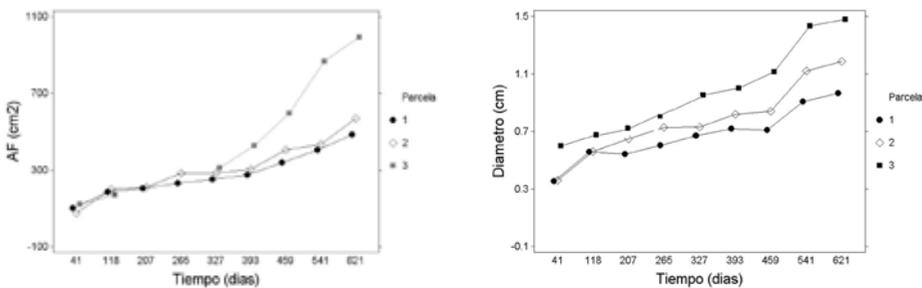


Figura 7. Área foliar (AF) y diámetro basal de árboles de copoazú durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 68.4% de luminosidad, parcela 2: 77% de luminosidad y parcela 3: 65% de luminosidad.

Durante el crecimiento de árboles de copoazú asociado con caucho el desarrollo foliar se da de manera importante a partir de los 327 días después de trasplante. Bajo una intensidad lumínica del 65% la tasa de producción de hojas es mayor (Figura 7). Cada organismo tiene un rango estrecho de condiciones en las cuales se desarrolla mejor y dentro de ese rango, un punto óptimo, sujeto a la selección natural, que le permite funcionar adecuadamente bajo condiciones ambientales específicas (Ricklefs y Miller, 2000). El copoazú demuestra ser una especie umbrófila adaptada a ambientes con restricción en la luminosidad pero cuya tolerancia tiene un límite bien definido. Ambientes con una luminosidad mayor al 65% no favorecen el adecuado desarrollo vegetativo de las plantas. En respuesta al sombreado, las plantas pueden aumentar la distribución de fotosintetatos hacia las hojas a expensas del crecimiento radical. En la especie tolerante a la sombra *Filipendula ulnaria*, el incremento de la distribución hacia las hojas en respuesta al sombreado estuvo acompañado por la correspondiente disminución en la distribución de fotosintetatos hacia las raíces.

Así mismo, otras investigaciones reportadas por Björkman (1981) muestran que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE). Es decir, que en las plantas bajo sombra aumenta el AFE o área por unidad de peso foliar.

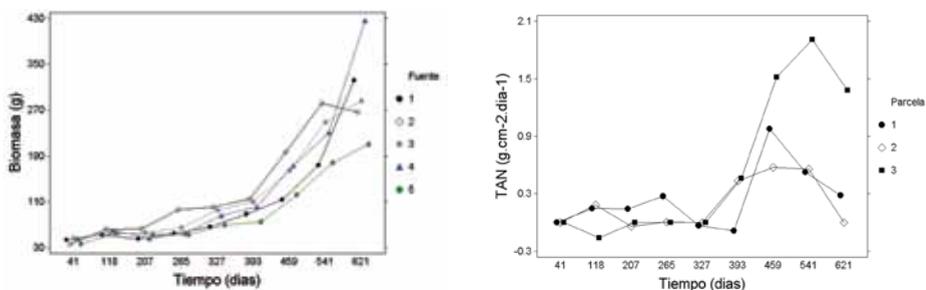


Figura 8. Biomasa total y Tasa de Asimilación Neta (TAN) de árboles de copoazú durante su crecimiento bajo tres ambientes de luz. Parcela 1: 68.4% de luminosidad, parcela 2: 77% de luminosidad y parcela 3: 65% de luminosidad.

La biomasa total de las plantas creciendo bajo la sombra es significativamente mayor que en las ubicadas bajo mayor intensidad lumínica (Figura 8). A este efecto contribuyeron todos los órganos de la planta, es decir, raíces, tallos y hojas.

La velocidad relativa de crecimiento es mayor en las plantas de copozú sombreadas durante el crecimiento, mientras que la velocidad neta de asimilación es mayor en los primeros 327 días en las plantas bajo mayor cantidad de luz solar total y aumentó en las plantas sombreadas después de los 393 días.

Manejo orgánico de las plantaciones agroforestales de arazá y copozú

En los últimos años el incremento de los costos de los fertilizantes inorgánicos y las presiones sociales encaminadas a prevenir los desequilibrios ecológicos han exigido un cambio en el manejo tradicional de los cultivos (Burbano, 1989). Algunas propuestas han conducido a una agricultura orgánica y/o ecológica, la cual incluye los sistemas agrícolas que optimizan la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus componentes.

Dada la relevancia que presentan los biabonos en la actualidad, se ha buscado desarrollar varios proyectos enfocados a determinar la pertinencia de la aplicación de estos en los suelos, evaluando si se presenta o no el mejoramiento de las características presentes en el cultivo, lo que implicaría un mejoramiento en los cultivos experimentales, aumentando la calidad del producto y mejorando las condiciones ambientales.

Tabla 2. Características químicas de los suelos donde se desarrollan modelos agroforestales Caucho-arazá-Nogal y caucho. copoazú.

Fincas/ luminosidad Parámetros	copoazú 1 68.4%	copoazú 2 77%	copoazú 3 65%	Araza 1 65.3%	Araza 2 81.4%	Araza 3 100%	ANALISIS
Textura	AF	FA	FA	FAr	Ar	Ar	
PH	4.4	3.7	4.1	4.0	4.3	4.1	Extremadamente ácido
Saturación de aluminio %	34.5	79.5	93.1	86.0	63.6	73.1	Niveles tóxicos para la mayoría de los cultivos
Concentración de CO %	0.77	0.69	0.57	1.5	1.6	1.8	deficiente
CIC meq.100 g ⁻¹	2.4	3.7	9.1	10.1	12.3	13.2	<10 bajo 10-20 medio
Saturación de Bases %	46.6	14.8	4.1	5.1	9.4	8.3	<35% bajo 35-50 medio
Fósforo intercambiable ppm	2.9	1.6	ND	1.6	2.4	1.6	bajo
Potasio meq.100 g ⁻¹	0.18	0.16	0.15	0.17	0.23	0.16	<0.2 bajo 0.2-0.4 medio

Para poder establecer las condiciones necesarias en la elaboración de los biabonos, es necesario realizar una evaluación química y microbiológica. En el año 1927, Selman A. Waiksmán de la Universidad de Rutgers, Estados Unidos, enunció que en un futuro no lejano una de las tendencias más promisorias de la microbiología de suelos se centraría hacia el uso y manejo de microorganismos con funciones específicas con dos objetivos fundamentales: potenciar la fertilidad de los suelos y mantener o incrementar los rendimientos de las cosechas.

En la Amazonia Colombia el uso de los bioabonos “... surge como una alternativa para desarrollar una agricultura más sostenible en el largo plazo, en razón al acelerado deterioro de los suelos intervenidos, a la contaminación ambiental con subproductos agropecuarios, y la complementariedad con los sistemas principales de producción...”, y gracias a la utilización de estos bioabonos no solo se mejoran los

suelos que están en deterioro sino que se estimula a la población a formar industrias en sus fincas para producción de bioabonos en beneficio propio.

Aunque el concepto de nutrición casi siempre se ha asociado con fertilizantes, en el contexto orgánico se refiere a todos los componentes que permiten el buen desarrollo de la planta. Como una alternativa al uso de químicos de síntesis se está promoviendo el interés por incrementar el uso de materiales orgánicos biodegradables producidos como subproductos de procesos industriales, agrícolas, residuos vegetales, u otro tipo de desechos compostados de origen animal. La presencia de materiales orgánicos junto con una actividad biológica sostenida son condiciones favorables para la disponibilidad de elementos nutritivos como N, P, K, Ca, S y micronutrientes.

Tabla 3. Características químicas de algunos abonos usados en sistemas agroforestales con Caucho-arazá -Nogal y Caucho-copozú.

Abonos / Parámetros	Bocachi	Bocachi + Roca fosfórica	Lombricompuesto	Lombricompuesto + roca fosfórica
PH	7.3	7.6	7.7	6.4
Concentración de CO ₂ %	3.4	5.8	3.7	11.0
CIC meq.100 g ⁻¹	7.9	16.4	13.5	52.1
Saturación de Bases %	SAT	SAT	SAT	SAT
Fósforo intercambiable ppm	245	322	267	468
Calcio meq.100 g ⁻¹	17.6	18.1	19.2	22.1
Magnesio meq.100 g ⁻¹	1.7	8.6	14.6	16.1
Potasio meq.100 g ⁻¹	2.3	2.3	5.5	14.7
Nitrógeno total (%)	0.23	0.60	0.38	1.6
CIC meq.100 g	7.9	16.4	52.1	13.5

La importancia de los microorganismos en ambientes naturales como el suelo, depende de la cantidad, diversidad y sobre todo, de las actividades metabólicas que estos realizan, siendo específicas para cada uno de ellos y en la mayoría de los casos, interactuando con organismos superiores con los que comparte un determinado habitat para lograr el equilibrio en este (Cardona, 2004).

Para la asociación de arazá + Caucho + Nopal las poblaciones de actinomicetos no son sustancialmente diferentes si se usa un abono proveniente de la actividad de la microflora o de la mesofauna. De igual manera la población microbiana de bacterias diazótrofes en los cuatro tipos de abonos mencionados tampoco expresa diferencias en las poblaciones; a diferencia de las bacterias microaerófilas provenientes del medio nfb donde todos los tratamientos si muestran ser diferentes entre sí y respecto al control, al igual que las esporas de micorrizas especialmente con el lombricompost.

Para la asociación de copoazú + Caucho, en la población de actinomicetos el tratamiento que sobresalió por ser significativamente diferente del control es el tratamiento con bocachi. Respecto a las bacterias diazótrofes, los tratamientos 1, 2 y 4 fueron significativamente diferentes al control, coincidiendo únicamente los tratamientos 1 y 4 para las bacterias microaerófilas provenientes de los medios mencionados anteriormente.

En cuanto a la planta de copoazú se puede decir que aunque no hay mucha diferencia en el recuento de microaerófilos en medio nfb los demás parámetros evaluados si resultaron muy significativos respecto al control siendo los tratamientos con bocachi significativamente diferentes.

En síntesis aunque en el recuento de bacterias diazótrofes microaerófilas los tratamientos con lombricompost se mantuvieron a la par, este último sobresalió en la comunidad de actinomicetos y bacterias diazótrofes, lo que indica que este tratamiento fue el que más favoreció el desarrollo de los grupos funcionales evaluados en las plantas de arazá.

Para las plantas de copoazú, los tratamientos con bocachi y lombricompost se mantuvieron a la par en los tres grupos funcionales

evaluados, por ende estos tratamientos son los que favorecieron el desarrollo de los microorganismos

En cuanto a los efectos que ejercen estos abonos sobre el crecimiento y acumulación de biomasa de plantas de arazá (Figura 9), se encuentra que no hay diferencia entre una u otra fuente. Sin embargo el manejo nutricional con bocachi muestra valores más altos en el crecimiento que cuando no se usa fertilización alguna. El bocachi se logra siguiendo un proceso de fermentación acelerada, con la ayuda de microorganismos benéficos para el suelo, que son capaces de transformar la materia orgánica del suelo; su preparación a base de desechos vegetales y excretas animales “estiércol bovino”, lo convierte en un insumo de bajo costo y altamente disponible (Bernaza et al, 2008)

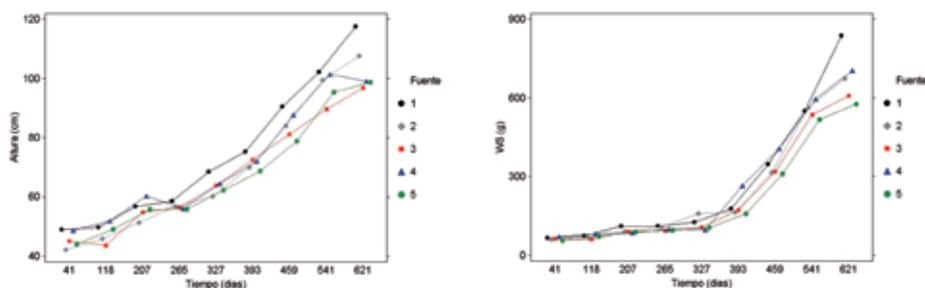


Figura 9. Cambios en la altura total y la biomasa total de plantas de arazá bajo diferente manejo nutricional. Fuente 1: Bocachi, Fuente 2: Bocachi + roca fosfórica, Fuente 3: Lombricompost, Fuente 4: lombricompost + roca.

En cuanto al copoazú el bocachi (Figura 10), al igual que con el arazá (figura 9) no hay diferencia entre una u otra fuente aunque es evidente que el bocachi enriquecido con roca fosfórica sobresale por encima de las demás fuentes en cuanto al crecimiento de las plantas, aunque en términos de biomasa el mejor resultado se obtuvo con humus de lombriz. El humus de lombriz es un fertilizante ecológico, y es producido por el resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufren los residuos sólidos orgánicos, durante el proceso de ingestión y digestión por parte de las lombrices de tierra, así como de los microorganismos asociados existentes en el tracto digestivo de éstas.

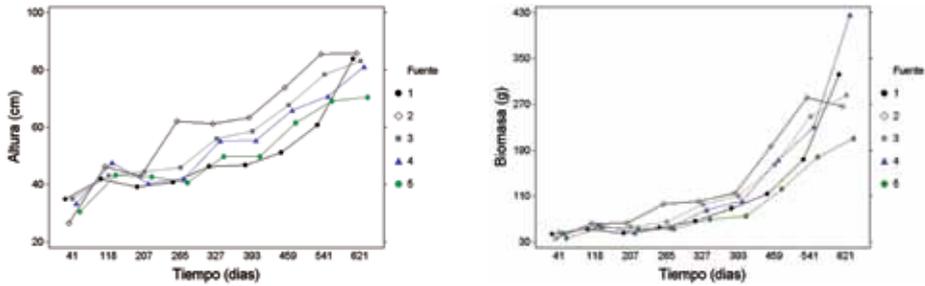


Figura 10. Cambios en la altura total y la biomasa total de plantas de copoazú bajo diferente manejo nutricional. Fuente 1: Bocachi, Fuente 2: Bocachi + roca fosfórica, Fuente 3: Lombricompost, Fuente 4: lombricompost + roca.

Distribución de pigmentos fotosintéticos de plantas de arazá y copoazú cultivados en condiciones diferenciales de exposición lumínica

Para establecer la relación entre la fotosíntesis y la adaptación a las variaciones lumínicas de una especie, es importante conocer la relación de éstas con el contenido total de clorofila. Las hojas de las plantas contienen varios tipos de pigmentos, en especial clorofilas (verdes) y carotenoides (amarillos) capaces de absorber la luz y aprovechar su energía. La clorofila absorbe luz roja y violeta y refleja la verde y la azul (Ricklefs y Miller, 2000).

No existen diferencias en la concentración de Chl a en las plantas cultivadas a 65.3% y 81.4% de luminosidad con respecto a las plantas control desarrolladas a 100% de luminosidad (Figura 11). Las concentraciones foliares de Chl b y Chl (a+b) son afectadas por los tratamientos de exposición lumínica, siendo significativamente mayores en las plantas expuestas al 65.3% de luminosidad en relación a las plantas desarrolladas a 100% de exposición lumínica (Figura 12).

La fertilización orgánica y la luminosidad no afectan el contenido de carotenoides totales en las plantas cultivadas de arazá (Figura 11). La mayor concentración de clorofilas en plantas desarrolladas a baja luminosidad en relación a las expuestas a plena luminosidad, encontrada en arazá *Eugenia stipitata*, es consistente con el aumento generalmente reportado de estos pigmentos en plantas que se desarrollan

bajo sombreadamiento o bajas luminosidades (Niinemets *et al.*, 1998; Makoto y Koike, 2007), en donde el aumento en pigmentos fotosintéticos favorece la interceptación de luz en estos ambientes. En condiciones de alta luminosidad, puede ocurrir una notable reducción en las clorofilas como mecanismo para balancear la absorción y el uso de la luz (McKinnon y Mitchell, 2003).

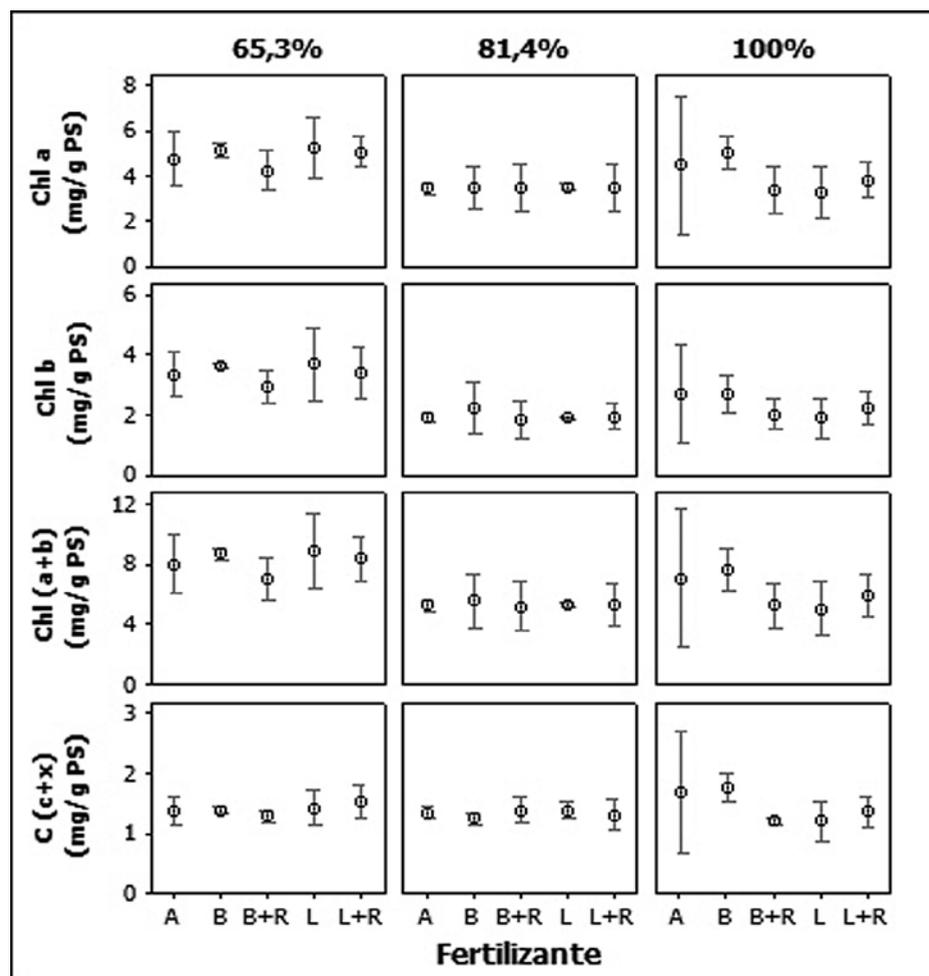


Figura 11. Promedios de la concentración de pigmentos en relación al peso seco (PS) foliar en plantas de *E. stipitata* sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (65.3%, 81.4% y 100%) y fertilización orgánica. A: Control sin fertilización. n=3

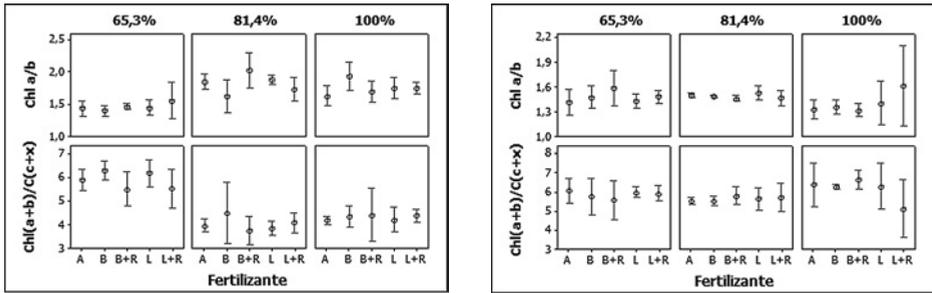


Figura 12. Promedios de las razones $Chl\ a/b$ y $Chl(a+b)/C(c+x)$ en plantas de *E. stipitata* ecotipos “guaviare” (a) “caquetá” (b) sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (65.3%, 81.4% y 100%) y fertilización orgánica. A: Control sin fertilización. $n=3$

En arazá la mayor razón $Chl\ a/b$ en las plantas expuestas a 100% de luz (Figura 12), se debe a que con el aumento en la luminosidad disminuye la concentración de $Chl\ b$ mientras permanece invariable la concentración de $Chl\ a$. En algas y en plantas vasculares (Harper *et al.*, 2004; Masuda, 2008) se ha encontrado que con alta luminosidad aumenta la razón $Chl\ a/b$ al tiempo que disminuye el nivel de transcritos de la Clorofilida-a oxigenasa (CAO), sugiriendo que el nivel de mRNA de esta oxigenasa regula en parte la síntesis de $Chl\ b$. El aumento de la concentración de $Chl\ b$ en las plantas expuestas a menor luminosidad, indica que se favorece el cosechamiento de luz en estas plantas, puesto que se ha reportado que la $Chl\ b$ juega un rol importante en la regulación y acumulación de los complejos cosechadores de luz (*LHC*) (Hansson y Jensen, 2009), de manera que al aumentar la síntesis de $Chl\ b$ aumenta la formación de *LHC* y por consiguiente aumenta el tamaño de la antena fotosintética. Por lo anterior, el comportamiento de la razón $Chl\ a/b$ en el arazá, sugiere que con la disminución de la luminosidad aumenta el tamaño de la antena (Masuda, 2008) debido al aumento en la cantidad de *LHC*, mientras permanece constante la cantidad de centros de reacción del fotosistema.

El contenido de $C(c+x)$ en arazá fue constante con las distintas luminosidades (Figura 11), lo que ocasiona que la razón $Chl(a+b)/C(c+x)$ sea menor a 100% de luminosidad cuando se registran las menores concentraciones de clorofilas (Figura 12) (Demmig-Adams *et al.*, 1996; Cunningham y Gantt, 1998; Telfer, 2005).

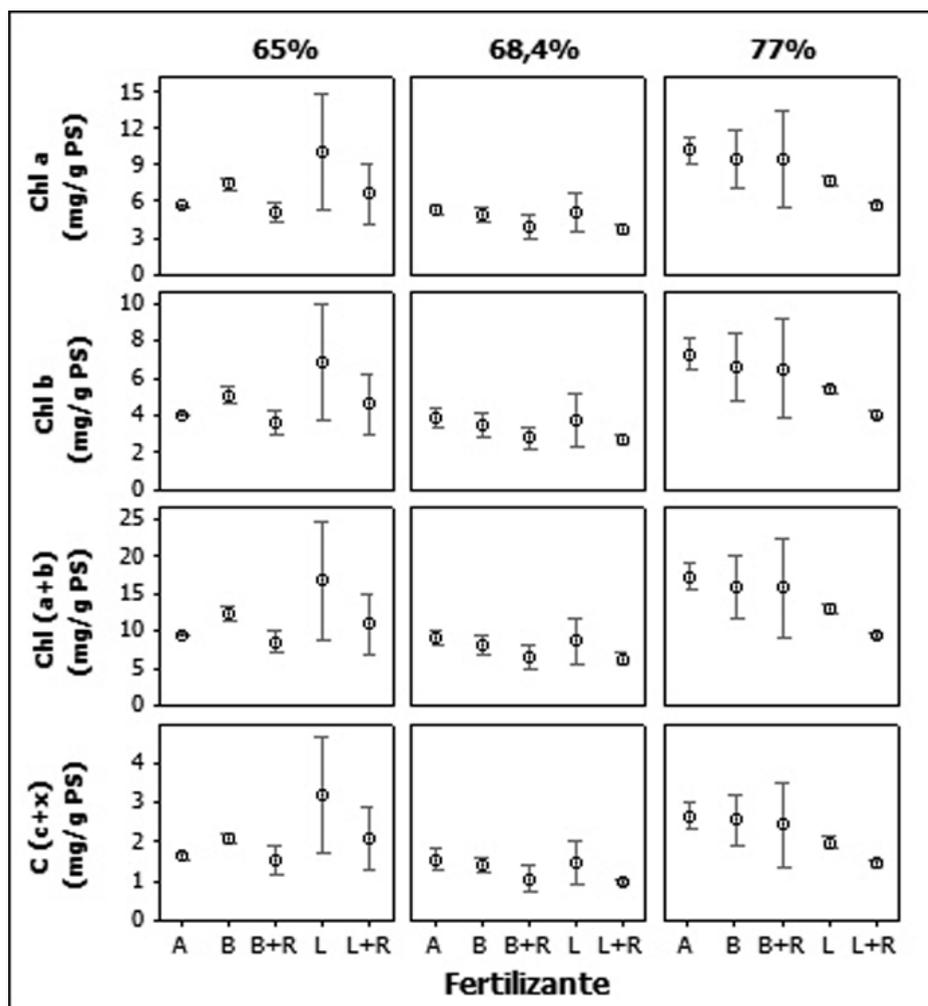


Figura 13. Promedios de la concentración de pigmentos en relación al peso seco (PS) foliar en plantas de *T. grandiflorum* sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (65%, 68.4% y 77%) y fertilización orgánica. A: Control sin fertilización. Ver Anexo III para detallar el efecto de la luz en cada tratamiento nutricional. n=3

Las razones $Chl\ a/b$ y $Chl(a+b)/C(c+x)$ permanecen constantes bajo los distintos niveles de luminosidad, indicando que al disminuir la luminosidad las concentraciones de $Chl\ b$ y $C\ (c+x)$ aumentaron proporcionalmente con el incremento de $Chl\ a$ y de $Chl(a+b)$ respectivamente. Entonces, con el sombreado aumentan las concentraciones de

pigmentos, pero sin variar las relaciones o proporciones entre ellos, ni la proporción de *LHC* por centros de reacción.

En *Eugenia stipitata*, ante los tratamientos de luminosidad, las plantas presentan respuesta plástica de la concentración de $C(c+x)$ y ninguna plasticidad de las razones $Chl\ a/b$ y $Chl(a+b)/C(c+x)$. Estos resultados indican que la plasticidad fenotípica en las respuestas de la concentración de $C(c+x)$ y de las razones $Chl\ a/b$ y $Chl(a+b)/C(c+x)$ ante la intensidad lumínica, depende del origen de las plantas. Balaguer *et al.* (2001) han encontrado resultados semejantes en *Quercus coccifera*, en los que la variación en plasticidad de parámetros a nivel subcelular como rendimiento cuántico del Fotosistema II y la composición de pigmentos fotosintéticos, hasta aquellos a nivel de órgano como el área foliar específica y la alocaión de nutrientes, indican la diferenciación ecotípica de la especie.

En *Theobroma grandiflorum* se presentan efectos debidos a la luminosidad sobre las concentraciones foliares de $Chl\ a$, $Chl\ b$, $Chl\ (a+b)$ y

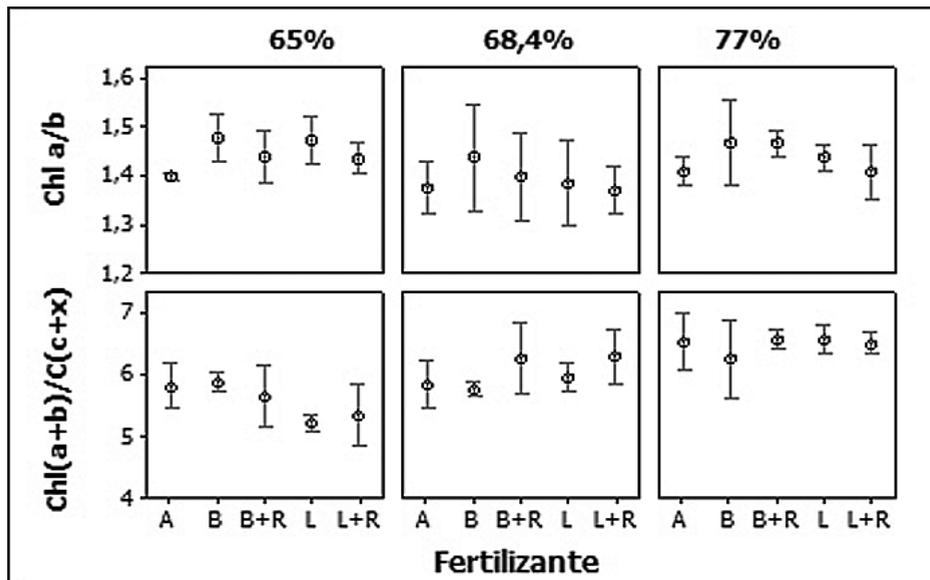


Figura 14. Promedios de las razones $Chl\ a/b$ y $Chl(a+b)/C(c+x)$ en plantas de *T. grandiflorum* sometidas a los distintos tratamientos de luminosidad (65%, 68.4% y 77%) y fertilización orgánica. A: Control sin fertilización. n=3

$C(c+x)$ encontrándose concentraciones significativamente menores de estos pigmentos en las plantas desarrolladas al 68.4% de exposición lumínica en comparación a las plantas desarrolladas bajo el 65% y 77% de luminosidad (Figura 13). La razón $Chl(a+b)/C(c+x)$ aumenta significativamente con el incremento de la luminosidad (Figura 14)

En *Theobroma grandiflorum*, al interior de cada nivel de luminosidad evaluado existe heterogeneidad en la luz incidente, que es consecuencia de la heterogeneidad de la cobertura vegetal del dosel. Lo anterior, sumado al estrecho rango de estudio (65-77% de Luz), ocasiona que no se encuentren variaciones importantes en los parámetros evaluados.

Consideraciones finales

Estos estudios permiten sugerir que tanto el arazá como el copoazú presentan características particulares al interactuar con el medio ambiente bajo el cual se desarrollan y que mediante la comprensión de la ecofisiología asociada a estos modelos de producción es posible elucidar las bases de las respuestas a factores ambientales y de manejo sobre su funcionamiento en condiciones naturales y/o de cultivo. También hace posible entender el crecimiento y el desarrollo, los componentes del rendimiento y sus interacciones y conocer las bases fisiológicas de la interacción genotipo ambiente, factor clave para mejora genética.

Con base en lo anterior el arazá es una especie que soporta asociados agroforestales que no impliquen una disponibilidad de radiación menor al 85%, mientras que en el caso del copoazú por el contrario se puede reducir la luminosidad hasta en un 65% sin afectar su comportamiento. De igual manera aunque no exista una respuesta significativa al uso de bioabonos en estas especies, si es evidente que cada una de ellas responde diferente a la fuente de abono que se usa. Así de esta manera se sugiere el uso de un abono tipo Bocachi en arazá cuya dosis puede estar entre los 2-4 Kg. por planta año en dos aplicaciones sincronizadas con las lluvias; en tanto que para copoazú se sugiere el uso de Lombricompost en dosis de 2-4 Kg. al año en dos aplicaciones.

Literatura consultada

- Balaguer, L., E. Martínez-Ferri, F. Valladares, M.E. Pérez-Corona, F.J. Bakkedano, F.J. Castillo, E. Manrique. 2001. Population Divergence In The Plasticity Of The Response Of *Quercus Coccifera* To The Light Environment. *Functional Ecology* 15:124-135.
- Bazzaz Fa, Morse Sr. 1991. The Response Of Annual Plants To Multiple Stresses. En Winnert W, Pell E, Mooney HA, editores. *The Response of Plants to Multiple Stresses*. San Diego (California). p. 283-299.
- Bermeo, L.M. 2002. Análisis De Crecimiento Del Araza (*Eugenia Stipitata* Mc Vaugh) A Primera Floración. Tesis Ing. Agroecológica. Universidad De La Amazonia-INSTITUTO SINCHI. Florencia. Caquetá. 65 P
- Bernaza Gonzalo, Y Colaboradores. El Humus De Lombriz: Un Fertilizante Ecológico Polifacético. En: [Http://Ertic.Inictel.Net/Web3/Sitio2.Shtml?Apc=Ai11-&X=22765](http://Ertic.Inictel.Net/Web3/Sitio2.Shtml?Apc=Ai11-&X=22765). Version A 31 De Marzo De 2008
- Björkman, O. 1981. Responses To Different Quantum Flux Densities. In "Physiological Plant Ecology. I. Responses To The Physical Environment". Eds. Cardona, G. Evaluación De La Diversidad De Actinomicetos En Suelos Bajo Tres Coberturas Vegetales En El Sur Del Trapecio Amazónico Colombiano, 2004. Pontificia Universidad Javeriana, Postgrados. Maestría En Biología Área De Énfasis En Genética De Poblaciones
- Christiansen, M. N. Y C.F. Lewis. 1991. Mejoramiento De Plantas En Ambientes Poco Favorables. 1ª Edición. Noriega Editores, México. Pp. 257-305.
- Cunningham, F. X. & E. Gantt. 1998. Genes And Enzymes Of Carotenoid Biosynthesis In Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:557-83.
- De Castro, F. Y N. Fetcher. 1998. Three Dimensional Model Of The Interception Of Light By A Canopy. *Agricultural And Forest Meteorology.* 90(39), 215-233.
- Demmig-Adams, B., A.M. Gilmore, & W.W. Adams Iii. 1996. In Vivo Functions Of Higher Plant Carotenoids, *Faseb J.*10:403-412
- Duncan W.G., Mccloud D.E., McGraw R.L., Boote K.J., Physiological Aspects Of Peanut Yield Improvement, *Crop Sci.* 18 (1978) 1015-1020.
- El-Sharkawy, M.; J. Cock; J. Lynam; A. Hernández Y L. Cadavid. 1990. Relationships Between Biomass, Rootyield And Single-Leaf Photosynthesis In Field-Grown Cassava. *Field Crops Research* 25, 183-201.

- Gardner, F.P.; R.B. Pearce Y R.L. Mitchell. 1985. *Physiology Of Crop Plants*. Iowa State University, Ames. 658 P.
- Hansson A. y P.E. Jensen. 2009. Chlorophyll Limitation In Plants Remodels And Balances The Photosynthetic Apparatus By Changing The Accumulation Of Photosystems I And Ii Through Two Different Approaches. *Physiologia Plantarum* 135:214-228.
- Hay, R.K. Y A.J. Walker. 1989. *An Introduction To The Physiology Of Crop Yield*. Longman Scientific & Technical, New York. 292 P.
- 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
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Pp 60-61, Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New York.
- Loomis, R. Y J. Amthor. 1999. Yield Potential, Plant Assimilatory Capacity And Metabolic Efficiencies. *Crop Science*. 39, 1584-1596.
- Makoto, K. & T. Koike. 2007. Effects Of Nitrogen Supply On Photosynthetic And Anatomical Changes In Current-Year Needles Of *Pinus Koraiensis* Seedlings Grown Under Two Irradiances. *Photosynthetica* 45(1):99-10.
- Masuda, T. 2008. Recent Overview Of The Mg Branch Of The Tetrapyrrole Biosynthesis Leading To Chlorophylls. *Photosynth Res* 96:121-143.
- Mckinnon, L.M. & A.K. Mitchell. 2003. Photoprotection, Not Increased Growth, Characterizes The Response Of Engelmann Spruce (*Picea Engelmannii*) Seedlings To High Light, Even When Resources Are Plentiful. *New Phytologist* 160:69-79
- Patterson, D. T. 1980. Shading Effects On Growth And Partitioning Of Plant Biomass In Cogongrass (*Imperata Cylindrica*) From Shaded And Exposed Habitats. *J. Weed Sci.* 28(6): 735-740.
- Poorter H. *Plant Growth And Carbon Economy*. En: John Wiley & Sons, Ltd. *Encyclopedia of Life Sciences*. Chichester; 2002. <http://www.els.net/> (doi: 10.1038/npg.els.0003200).
- Quevedo, E. 1995. Aspectos Agronómicos Sobre El Cultivo Del Araza (*Eugenia Stipitata* Mcvaugh): Frutal Promisorio De La Amazonia Colombiana. *Agronomia Colombiana*, 12(1): 27-65.

- Ribeiro, G. D. 1992. A Cultura Do Cupuaçuzeiro Em Rondônia. Porto Velho: Embrapa-CPAF. 32p.
- Ricklefs, R.E. Y G.L. Miller. 2000. Ecology. Cuarta Edición. Editorial Freeman Y Company, USA.
- Taiz, L. Y E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. Segunda Edición. Editorial Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts. Pp. 227-238.
- Telfer, A. 2005. Too Much Light? How B-Carotene Protects The Photosystem Ii Reaction Centre. Photochem. Photobiol. Sci. 4:950-956.
- Ulrich, L. 1997. Physiological Ecology Of Tropical Plants. Editorial Springer, Berlín. Pp. 77-100.
- Vos, J. Y P. E. Van Der Putten. 2001. Effects Of Partial Shading Of The Potato Plant On Photosynthesis Of Treaded Leaves, Leaf Area Expansion And Allocation Of Nitrogen And Dry Matter In Components Plants Parts. European Journal Of Agronomy 14(3), 209-220.
- Wünsche, J.N. 2000. The Relationship Between Leaf Area And Light Interception By Spur And Extension Shoot Leaves And Apple Orchard Productivity. Hortscience 35(5), 1.202-1.206.

Capítulo 3

Calidad e innovación en la cadena de valor de frutales nativos, arazá y copoazú

63

M. P. Carrillo¹, M. S. Hernández¹, C. Hernández², P. Jiménez¹, J. Cardona¹, J. Barrera¹, L. F. Peña¹, J. P. Fernandez-Trujillo³

Arazá

El arazá es una fruto nativo del bosque húmedo tropical con una vida útil después de la cosecha muy corta de menos de 72 horas a temperatura media ambiente del Departamento del Caquetá (Hernández, et al., 2007). Ello está asociado a una alta tasa de respiración y de producción de etileno, siendo este último compuesto la hormona vegetal responsable de la maduración (Hernández et al. 2009). Es una fruta muy percedera y susceptible al daño mecánico debido a que no posee tejido de sostén; y por su alto contenido de agua (y bajo de materia seca) es fácilmente atacable por microorganismos como antracnosis (Hernández et al., 2007; Rogez, et al., 2004). Sufre pérdidas también por ablandamiento y oscurecimiento de la piel. Estas pérdidas y el su gran velocidad de maduración (evidente por el viraje de color de su piel de verde a naranja), limitan la comercialización en fresco de esta fruta. Todo ello justifica el fortalecimiento de las operaciones de cosecha, selección, empaque y transporte en la cadena de comercialización postcosecha.

1 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi

2 Universidad de la Amazonia

3 Universidad Politecnica de Cartagena ETSIA Murcia-España

Cosecha de los frutos

Una oportuna cosecha de los frutos de arazá disminuye los riesgos de daño durante la posterior cadena postcosecha, permitiendo así mismo que se complete la maduración de los frutos. En centros de acopio se seleccionarán y clasificarán las frutas basádo, índices de recolección verificados para la especie y mediante una carta de maduración (Fig. 1). También se manipularán las mismas en condiciones higiénico-sanitarias apropiadas (CONPES 3375,2005).



Figura 1. Carta de maduración de arazá. Escalas para parámetros fisicoquímicos de pH, Brix y Acidez

Estados de madurez y su relación con la calidad poscosecha

En el fruto de arazá se han identificado y tipificado en una carta los grados sucesivos de maduración (Figura 1) que se explican como sigue:

Inmaduro: La piel del fruto tiene color verde oscuro y una pulpa blanca. En algunos casos el fruto no ha alcanzado su máximo tamaño y las semillas no son viables para la producción de una nueva planta. La recolección no tiene que realizarse en este estado ya que el fruto es incapaz de alcanzar la maduración Grado 1 en la postcosecha.

Verde-Maduro: Estado óptimo de recolección del fruto porque ha alcanzado su máximo desarrollo y continúa su maduración aún separado de la planta y sirve para iniciar su comercialización en fresco Grado 2. El fruto presenta firmeza de 30 Newton, lo que permite su fácil manipulación disminuyendo daños mecánicos con respecto a estados de maduración más avanzados.

Pintón: El fruto tiene menos del 75% de la superficie de color amarillo y su menor firmeza implica una manipulación más cuidadosa que en el estado verde-maduro. Se comercializará para transformación industrial o para mercado local Grado 3.

Pintón $\frac{3}{4}$: Presenta características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para su transformación industrial o mercado local Grado 4. Su firmeza (alrededor de 22 Newton) implica una manipulación muy cuidadosa.

Maduro: Es el óptimo de maduración para el procesado industrial y mercado local Grado 5. Presenta menor firmeza que el grado anterior. Las operaciones de selección, clasificación y transporte se limitan así como su conservación por mayor riesgo de podredumbres.

Sobre-maduro: El fruto presenta un color amarillo oscuro dorado debido a que se encuentra en estado avanzado de madurez, identificado como senescencia, última etapa del desarrollo del fruto. El fruto presenta un ablandamiento alto y sus características fisicoquímicas no lo hacen apto para su consumo ni fresco ni transformado, ya que el proceso de fermentación tienen lugar y el riesgo de podredumbres es muy alto (se identifica como Grado 6).

Operación de cosecha de frutos de arazá

Se seguirán las siguientes indicaciones en la cosecha de los frutos:

1. La recolección será manual tomando el fruto con las manos y cortando el pedúnculo del árbol utilizando tijeras para poda con punta redonda con zona de corte bien afilada (Fig. 2). Desgarrar los frutos, halándolos, ocasiona desprendimiento del pedúnculo y rasga la delgada epidermis, acelerando junto con golpes o roces el proceso de de respiración, disminuyendo la vida útil de poscosecha hasta en un 50 %.



Figura 2. Recolección de frutos de arazá, de manera apropiada

2. El fruto debe ser depositado de manera cuidadosa dentro del recipiente de cosecha, que usualmente son baldes o canastillas limpias y secas. Se recomienda que estos recipientes no sean profundos ya que los frutos del fondo empiezan a presentar daños y magulladuras (Thompson 1996). No arrojar el fruto dentro de este ni llenar completamente el recipiente con fruta (Fig. 3), de esta manera se evita el daño mecánico por el peso de los frutos que se encuentran en el nivel superior o por frutos que pueden caer al piso por manipular el recipiente lleno. Una manipulación excesiva no es recomendable en el fruto de arazá por el riesgo de daños mecánicos que producirían pérdidas superiores al 50%.



Figura 3. Manipulación de los frutos de arazá durante la cosecha en finca

Selección de los frutos

Después de la cosecha se debe realizar la selección de los frutos por sanidad (descartando frutos con cualquier grado de podredumbre) y su clasificación por grado de madurez. Para tal fin se debe disponer de un área adecuada, sombreada y con superficies lisas y amplias como mesas de selección pulidas y lisas (Fig. 4). Para la construcción de las mesas de selección y clasificación en finca se recomiendan materiales fácilmente lavables, desinfectables y que no acumulen residuos o faciliten la proliferación de hongos u otro tipo de microorganismos, en especial en las esquinas (preferiblemente redondeadas).



Figura 4. Mesas de selección en finca construidas con materiales de la zona, que pueden ser recubiertos con materiales lavables

Durante este proceso se deben seleccionar los frutos sanos y separar los frutos que presenten daños mecánicos (roces no cicatrizados, golpes,

deformaciones por compresión tras la recolección por otros frutos o por el peso de otros envases, vibraciones del transporte), daños por insectos, hongos (en cualquier grado), sobremadurez o lesiones abiertas. Esta operación se basa en disminuir las posibilidades que frutos maltratados puedan contribuir a contaminaciones cruzadas hacia frutos sanos. La forma de disposición de estos frutos es fundamental para evitar contaminaciones en el cultivo o en el mismo centro de beneficio en finca. (Fig. 5) (Thompson, 1996). La clasificación se hará según su grado de madurez con una carta de madurez (Figura 1), entrenando previamente a los operarios en el uso de esta herramienta indispensable tanto en el cultivo como en el centro de acopio. Dicha carta de madurez se ha de trasladar también al resto de integrantes de la cadena postcosecha para su conocimiento.



Figura 5. (A) Ataques de insectos y otros microorganismos asociados al Arazá (B) Daño mecánico (C) Frutos en estado sobre-maduro.

Una oportuna cosecha y una buena manipulación y beneficio de los frutos pueden reducir las pérdidas de frutos cosechados hasta en un 30%, en el caso de arazá

Empaque de los frutos

El empaque es uno de los aspectos decisivos en la cadena comercial de los frutos perecederos. El material seleccionado, así como el volumen empacado determinan la vida útil del arazá. Los materiales para la construcción de empaques varían, siendo polímeros plásticos (para canastillas) y el cartón, los mejores materiales de empaque para frutos en fresco. Sin embargo, la canastilla plástica es retornable pero sin ser

plegable es de difícil manejo en la cadena comercial. Por otro lado, el empaque de cartón es una de las alternativas más favorables por su inocuidad, su carácter reciclable y generalmente su menor peso, a pesar de su precio más elevado. Algunas alternativas surgen en la actualidad que pueden ser soluciones intermedias entre estos dos tipos de empaques. Por ejemplo las maderas blandas reemplazan los guacales de madera, que en el pasado fueron descritos como inadecuados para los frutos frescos por las aristas y rebordes que causaban daños mecánicos.

Existen diferentes opciones para el empaque de los frutos de acuerdo al uso al que se destinen:

1. *Canastilla plástica*: Es un recipiente fabricado en polietileno de alta densidad (Fig. 6). Normalmente es utilizada para el transporte de frutos desde el sitio de cosecha hasta el centro de acopio y/o transformación. Requieren de permanente lavado y desinfección, ya que la reutilización puede influir en el aumento de carga microbiana que se acumula especialmente en las pequeñas esquinas que posee, como producto de la constante manipulación y del relajamiento en las operaciones de limpieza.

El fruto de arazá que se transporta en canastilla tiene que estar en estado verde-maduro (estado 2, Fig. 1) para asegurar una incidencia mínima de daños mecánicos durante el transporte.



Figura 6. Canastilla plástica para transporte de los frutos de arazá desde el campo al almacén de acondicionamiento

Un correcto uso de este empaque permite disminuir daños en los frutos ocasionados por el peso de los mismos.

2. *Canasta-Mallalón*: Es una malla de espuma de poliuretano utilizada para el almacenamiento y transporte de productos tropicales y subtropicales delicados como el arazá, así como de otros frutos con riesgo de daños mecánicos. El empaque de los frutos se hace en forma individual, para luego disponerlos en los empaques de plástico o cartón (Fig. 7). Como resultado de su flexibilidad se acomoda fácilmente y protege de manera eficiente el producto durante el transporte y aun en la góndola de exhibición. Su principal handicap es su precio por unidad de fruta.



Figura 7. Canastilla plástica para transporte de los frutos de arazá con mallalón. La combinación asegura el menor daño de frutos

3. *Caja de cartón*: Es un empaque recomendado para la mayoría de frutos carnosos, y resulta útil tanto para su transporte como para su exhibición. En el caso de arazá se dispone de un diseño específico, que se realizó a través de etapas de prueba, con diferentes calibres de onda y atendiendo a las especificaciones del comportamiento fisiológico del fruto (Fig. 8A). Es caja tipo bandeja en cartón C 620 con división interna que permite subdividir en 3 compartimentos el interior para aislar el producto y evitar daños por rozaduras o magulladuras.

El nuevo empaque es una propuesta para sustituir la canastilla plástica que se había utilizado hasta ahora. Se requiere eliminar el requerimiento de retorno de los empaques, toda vez que la distancia y la imposibilidad de mantener control sobre estos inventarios dificulta y encarece el eslabón de transporte y distribución.

Este empaque se ensambla fácilmente (Fig. 8B) y contiene 8.5 kilogramos de fruta.



Figura 8. Caja de cartón diseñada para el fruto de arazá . Material de fabricación cartón reciclable

Procesamiento de los frutos de arazá

Pulpa conservada bajo refrigeración

La pulpa de fruta es definida como la parte comestible de los frutos carnosos que incluye el tejido histológico. Su consumo está claramente asociado a las preferencias en Colombia y su mercado tiene un crecimiento sostenido en los últimos 10 años en el mercado. Sin embargo, las presentaciones originales, congeladas y almacenadas en neveras alejadas del consumidor tienen que ser revaluadas. Las presentaciones deben ser atractivas, fáciles de consumir y dosificar incluso por personas individuales, y las condiciones para su conservación más flexibles tanto en envase como en temperatura que en el pasado.



Figura 9. Calidad de la pulpa de arazá conservada en refrigeración y con mínima adición de conservantes

La sustitución del régimen de congelación, que es sin duda un excelente método de conservación para las pulpas de fruta obedece entonces al requerimiento de aproximarse al consumidor final, que exige cada vez productos innovadores, de buena calidad, de excelente aporte nutricional e inocuo para su salud.

Ello se logra con el uso de buenas prácticas de manufactura durante el proceso de obtención de la pulpa, combinado con tratamientos térmicos y de desinfección, adecuados empaques. (por ejemplo películas plásticas de alta barrera “Flex Pack” de polietileno coextruido). Todo ello combinado con la refrigeración ($12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) y el uso de algunos aditivo constituyen los métodos combinados recomendados para alargar la vida útil de un producto basado en pulpa de arazá por encima de 90 días. Parker et al., (2010) probaron tratamiento térmico medio combinado con irradiación para jugos de papaya y no presentaron alteraciones durante el período de estabilidad.

Los conservantes más empleados en el mercado interno para derivados como las pulpas son sales de benzoatos y sorbatos en cantidades máximas de 1 g/kg de pulpa, (Resolución No. 7992 del 21/07/1991 del Ministerio de Salud).. Para la pulpa conservada bajo refrigeración con mínima adición de conservantes se utiliza una mezcla de benzoato de sodio y sorbato de potasio como conservante en una concentración de 0,3 g/kg de fruta (0,15 mg de cada conservante por kg de fruta). Aunque en el caso de pulpa de arazá, el pH de la fruta 3.0 contribuye

positivamente a su conservación a diferencia de otros frutos menos ácidos (Penteado y Leitao, 2004) y a mantener su inocuidad (Camacho y Romero, 1995 y Camacho, 2000;).

La pulpa de arazá, pasteurizada y conservada en régimen de refrigeración mantiene sus características físicoquímicas estables especialmente durante los 50 primeros días de evaluación (Figura 10). No se presentaron cambios significativos de la acidez total titulable, lo que haría suponer un cierto mantenimiento de la composición nutritiva de ácidos orgánico como el ácido cítrico.

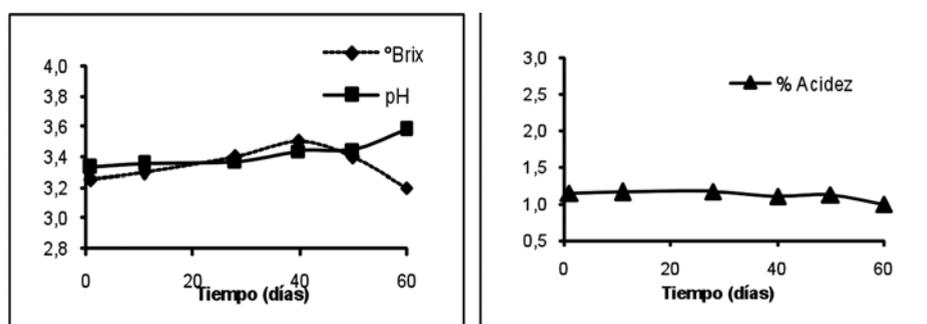


Figura 10 Comportamiento de variables químicas en la pulpa de arazá pasteurizada y mantenida en régimen de refrigeración 12°C, empacada en bolsa flex Pack durante dos meses. www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomía/71180/index.htm

Otros derivados de mayor estabilidad debido a un contenido de sólidos solubles mayor se han desarrollado para la industria local de derivados lácteos y pastelería.

Dulce o ate de arazá (bocadillos de arazá)

Es una pasta moldeada que se obtiene de la mezcla de pulpa de fruta con azúcar y concentración en marmita abierta a temperatura de ebullición. Es un producto de alto contenido de sólidos solubles finales (78%), condición que disminuye los riesgos de contaminación por microorganismos, ya que la actividad de agua (A_w) disminuye en estos productos a valores menores de 0.6, la cual limita la proliferación de las formas reproductivas de hongos mesófilos. Los usos de productos de alto conteni-

do de sólidos tienen su mayor impacto en las industrias de panificación y lácteos locales, y existen algunas líneas comerciales que han quedado establecidas (Figura 11). El dulce de arazá (bocadillo de arazá tuvo una alta calificación en aspectos de brillo, consistencia y sabor. Existe el riesgo de sinéresis, o “llorado” del producto, como resultado del bajo pH de la pulpa de arazá, sin embargo, el uso de pectina de lenta y de bajo metoxilo asegura la calidad final reológica de la mezcla (Figura 12).



Figura 11. Dulce de arazá (Bocadillo de arazá). Algunas aplicaciones de uso del producto terminado.

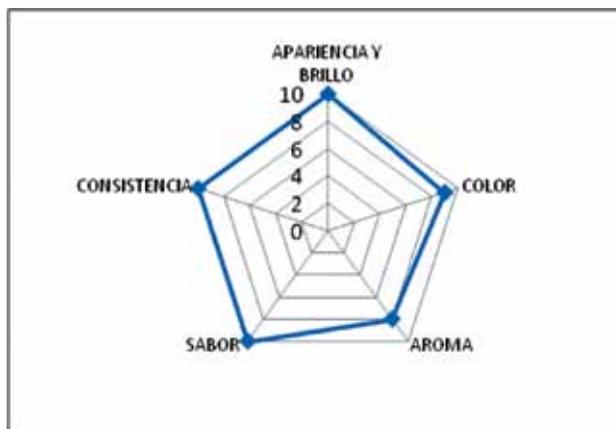


Figura 12. Perfil sensorial del dulce de arazá (Bocadillo de arazá) tras dos semanas de elaboración

Salsa de arazá para yogurt

Las salsas de frutas son productos de concentración intermedia derivadas (50-55% de sólidos solubles finales) de la pulpa de la fruta en mezcla con agentes edulcorantes. Sus usos y aplicaciones son diversos en la industria de derivados lácteos, como saborizantes, así como *toppin* de helado (Figura 13). Otras aplicaciones están dirigidas a la industria de panificación, como rellenos o aderezos de productos de esta línea.



Figura 13. Salsa de arazá, empleada en la saborización de yogurt natural

Es innegable que algunas de las cualidades nutricionales como el elevado contenido inicial de ácido ascórbico o vitamina C ($13\mu\text{g}^{-1}$) se ve disminuido por la acción de los tratamientos térmicos, y de concentración en los derivados de pulpa de arazá. Sin embargo, se conserva en más de un 50% para el caso de pulpas y hasta en un 25% en el caso de salsas y productos de un contenido de sólidos solubles finales mayor.

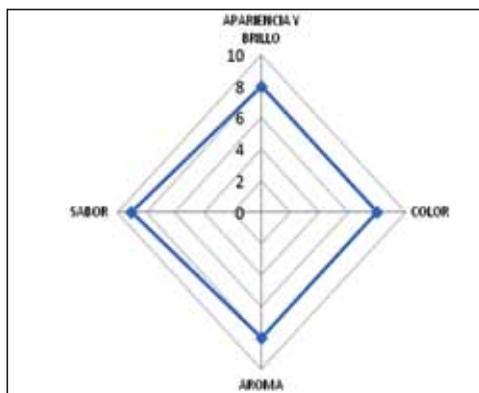


Figura 14. Perfil sensorial de la salsa de arazá tras cuatro semanas de elaboración

En cuanto a la aceptación sensorial de las salsas de arazá es bastante buena por parte de los catadores tras 4 semanas de elaboración (Figura 14), aunque el color original del producto se oscureció durante el período de estabilización. Ello se debe posiblemente a una posible reacción de pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard (reacción de los azúcares reductores con los grupos amino)).

Copoazú

Cosecha de los frutos

El copoazú durante su desarrollo no presenta un cambio de color característico que permita identificar fácilmente el momento oportuno de recolección. Por ello, el tiempo transcurrido desde el cuajamiento del fruto hasta el momento de madurez fisiológico y/o madurez de consumo se convierte en un indicador de cosecha apropiado. Sin embargo, no es único por las variaciones del período reproductivo entre zonas geográficas y como resultado de las condiciones climáticas si se trata de la misma localidad. En el caso de copoazú se ha encontrado una variación que puede ser hasta de semanas, ya que en algunos ciclos en el Departamento de Caquetá la duración puede ser de más de 130 ± 5 días hasta que el fruto está listo para ser cosechado. En algunos ciclos este tiempo puede verse disminuido hasta en un (-10%), es decir 120 ± 5 días. Por su parte Hernández y Galvis (1994) y Hernández *et al.* (2006) habían reportado para esta especie períodos reproductivos de 160 ± 3 d en las condiciones de Guaviare.

Estados de madurez y su relación con la calidad poscosecha

La carta de calidad y color para el copoazú fue desarrollada para frutos cosechados en tres ciclos sucesivos de producción (Figura 15). A continuación se describen los diferentes estados identificados

Inmaduro: Este estado se caracteriza porque el color de la pulpa es blanco y se encuentra adherida a las paredes de la corteza del fruto. La corteza presenta un color café intenso con presencia de velloso o pubescencia. La recolección de los frutos en este estado impide la



Figura 15. Carta de color y calidad para el fruto de copoazú. 1000g en promedio de peso

maduración normal del fruto al no alcanzar las características organolépticas ni fisicoquímicas necesarias para su consumo. El tiempo transcurrido desde el cuaje no supera los 125 ± 3 d. El fruto se encuentra firmemente adherido a la planta

Maduro: Es el estado ideal de recolección para su consumo en fresco y/o procesamiento. Los índices de madurez serían el indicador el tiempo transcurrido desde cuaje y la facilidad de abscisión o desprendimiento del fruto de manera natural. Se puede dar el desprendimiento del árbol,

lo cual no es del todo recomendable, ya que los golpes y el tiempo que el producto permanece en el suelo, inciden negativamente en la calidad del fruto cosechado. Otro índice adicional es el color de fondo de la corteza retirando la vellosidad verde (Fig. 16). Para este estado el color de la pulpa es crema y aun está adherida a la corteza del fruto (Fig. 17). Aunque estos parámetros fisicoquímicos no pueden ser fácilmente medidos en el campo, los valores alcanzados se citan a continuación:

Tabla 1. Características fisicoquímicas de los frutos de copoazú en estado de recolección

CARACTERÍSTICA		VALOR PROMEDIO	UNIDAD
Tamaño	Diámetro longitudinal	17,1 ± 3,8	cm
	Diámetro transversal	10,6 ± 0,9	cm
	Peso	975,3 ± 3,8	g
Brix		12,5 ± 0,5	%
pH		3,2 ± 0,2	-
Acidez		2,7 ± 0,5	% Ac. Cítrico

El ácido orgánico predominante en el fruto de copoazú es el ácido cítrico que alcanza su máxima concentración a los 119 días (5,9 g/100 g pulpa fresca), al igual que los ácidos succínico y málico presentándose concentraciones mucho más bajas (por debajo de 0,8 g/100g pulpa). De igual forma el ácido ascórbico presenta su máxima concentración de 5,3 mg/100g pulpa. En cuanto a los azúcares la glucosa y la fructosa presentan también sus máximas concentraciones a los 119 días (0,78 y 1,41 g/100 g pulpa respectivamente).



Figura 16. Color de fondo de la corteza del fruto de copoazú en estado maduro



Figura 17. Color y apariencia de la pulpa de fruto de copoazú en estado maduro

Sobremaduro: Los frutos en este estado presentan un color de corteza café con pérdida de vellosidad y cambio del color de fondo de la corteza de verde a hueso. El fruto se torna frágil quebrándose con facilidad. La pulpa es amarillo clara y se encuentra desprendida de las paredes de la corteza, el cual se puede apreciar al manipular el fruto

Senescente: En este estado la pulpa del fruto presenta un color marrón y la susceptibilidad al daño por hongos se incrementa. Los daños se asocian a procesos de fermentación de la pulpa y a la pérdida de calidad del producto que ya no es comercial (Figura 17)



Figura 18. Daños presentados en frutos de copoazú senescentes

Cuidados durante la cosecha de los frutos

Por las características de firmeza de los frutos, presentan una alta resistencia a los golpes cuando se encuentran en los estados inmaduro y maduro. Aún así durante la cosecha se deben manipular con cuidado los frutos en especial por su peso. Los frutos se deben disponer en ca-

nastillas plásticas, siguiendo las recomendaciones de buenas prácticas de cosecha. Igualmente, no es conveniente que los frutos permanezcan en el suelo cuando se han desprendido naturalmente del árbol. Es justo en este período cuando los daños por hongos y otros patógenos se incrementan de manera muy significativa especialmente tras las lluvias.

Durante la época de cosecha se deben realizar rondas al cultivo con el fin de recolectar frutos caídos del árbol el mismo día o la noche inmediatamente anterior. De esta manera los frutos no sufren daños al permanecer mucho tiempo a la intemperie o se pueden retirar rápidamente aquellos que han sufrido daños durante la caída. Los resultados que permiten acercarse a estimar el tiempo promedio que transcurre entre el cuaje del fruto y su madurez contribuyen a realizar una mejor planeación de la cosecha.

Procesamiento de las almendras de copoazú

Las almendras o semillas de copoazú tienen un gran interés, no sólo porque fermentadas y secas son fuente de un chocolate con una alta calidad organoléptica, sino porque estas poseen un interesante contenido de grasa (48%). La grasa (Tabla 2) puede ser utilizada industrialmente como materia prima para la elaboración de subproductos y productos finales en la industria cosmética y farmacéutica.

Existen métodos mecánicos y químicos para la extracción de la grasa, siendo este último poco aconsejable cuando se quiere obtener un producto catalogado como natural debido a las trazas de disolventes orgánicos presentes en el producto. Dentro de los procesos mecánicos se encuentran la extracción por medio de prensas de tipo *expeller* similar al que se utiliza para la extrusión de alimentos, con la diferencia que se usan mayores presiones. Mediante este proceso se puede obtener una mayor cantidad de manteca, por lo que se introduce a la prensa las habas incluso con cáscara. En el proceso *expeller* se puede reducir a menos del 10% de grasa residual, en la torta.

La prensa tipo *expeller* (Fig.20) utiliza un tornillo llamado también husillo el cual realiza el transporte, homogenización y aumento de la presión de la masa alimentada (previamente molida, Fig. 19) logrando

finalmente la obtención de la grasa fluida y una torta residual con un contenido bajo o mínimo de grasa.

La prensa *expeller* consta de los siguientes elementos:

1. Tolva de alimentación: Permite la alimentación del material molido
2. Cilindro de extrusión: en el cual se encuentra ubicado el tornillo extrusor
3. Tornillo sin fin
4. Boquilla de presión y salida de torta residual
5. Sistema de potencia con moto-reductor y transmisión



Figura 19. Almendras (semillas) de copoazú secas y molidas listas para el proceso de extrusión



Figura 20. Extrusora tipo *expeller* para la extracción de grasas de semillas de copoazú y

A temperatura ambiente la grasa extraída de copoazú es sólida, y funde a temperaturas superiores a los 35°C. El contenido de ácidos grasos de la grasa extraída por medios mecánicos presenta en mayor proporción los saturados de cadena larga, entre los cuales se destacan el ácido palmítico, el heptadecanoico y el esteárico, lo cual explica su estado sólido a temperatura ambiente. Entre los ácidos grasos insaturados se puede destacar la cantidad de ácido linoleaídico, oleico, cis 11 eicosenoico y elaídico encontrado en las semillas (Tabla 2).

Tabla 2 Porcentaje de lípidos de seis muestras de grasa de almendras de copoazú (Mi, n=1-6) extraída con el extrusor tipo *expeller* (en porcentaje). ND indica no detectado.

Ester metílico de ácido graso	Nomenclatura	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Palmítico	C16:0	18,2	9,6	27,3	29,8	ND	25,0
Heptadecanoico	C17:0	7,3	0,1	0,9	0,8	0,5	0,7
Esteárico	C18:0	26,6	15,9	ND	ND	ND	ND
Elaídico	C18:1n9t	ND	22,6	25,6	ND	80,5	29,6
Oleico	C18:1n9c	35,6	31,8	ND	ND	ND	ND
Linoleaídico	C18:2n6t	3,2	4,9	9,1	10,1	ND	9,7
Oleico	C18:2n6c	ND	ND	7,6	10,1	12,6	6,6
Cis 11 eicosenoico	C20:1	7,3	12,3	20,6	39,6	ND	19,8
Linoleico	C18:3n3	0,3	0,5	1,5	1,7	1,0	1,4
Araquidónico	C20:4n6	1,0	1,8	5,7	6,0	4,0	5,4
Araquidónico	C20:5n3	0,4	0,2	0,7	0,6	0,5	0,8

Literatura consultada

Alique, L. R y J. P. Zamorano R. 2000. Productos vegetales: regulación de los procesos fisiológicos postrecolección. En: Lamúa, M. (Ed.) Aplicación del frío a los alimentos. A Madrid Vicente, Ediciones y Mundi-Prensa España. p.69-104.

- Camacho, G; Romero, G. 1995. Obtención y conservación de pulpas de mora, guanábana, lulo y mango. Convenio SENA – Univ. Nacional. Ed. SENA. Bogotá 78 p
- Camacho G., 2000. Memorias “Tecnología en obtención de conservas de frutas”, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 76p.
- CONPES 3375, 2005 POLÍTICA NACIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA E INOCUIDAD DE ALIMENTOS PARA EL SISTEMA DE MEDIDAS SANITARIAS Y FITOSANITARIAS Consejo economico de politica economica y social Departamento Nacional de Planeacion 39p
- Hernández, M.S. y Galvis, A. 1994. Análisis de crecimiento del fruto y determinación del momento de cosecha del copoazú. Colombia Amazónica. 7(1-2):157-167.
- Hernández, M. S.; Barrera, J. A.; Carrillo, M.; Martínez, O.; Melgarejo, L. M.; Galvis, J. A.; Casas, A. E.; Bolaños, C. 2006. Cap. 3: Crecimiento y desarrollo de los frutos de especies promisorias del género *Theobroma*, bajo condiciones de la Amazonía norte colombiana. En: Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S.; Barrera, J. A. y Carrillo, M. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI, Universidad Nacional de Colombia-dpto. Biología. 1ª. Edición, Ed. Scripto Ltda., Bogotá D.C. pp. 109-138. <http://www.scribd.com/doc/13330432/LIBRO-Theobroma-BN>
- Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S.; Barrera, J. A. y Carrillo, M 2006 ”Theobroma: Oferta y Potencialidades de un Banco de Germoplasma del Género Theobroma en el Enriquecimiento de los Sistemas Productivos de la Región Amazónica.” Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI, Universidad Nacional de Colombia-dpto. Biología. 1ª. Edición, Ed. Scripto Ltda., Bogotá D.C. pp
- Hernández, M.S., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2007. Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening. *Scientia Horticulturae* 111: 220-227.
- Hernández, M.S., Barrera, J.A., Martínez, O., Fernández-Trujillo, J.P. 2009. Postharvest quality of arazá fruit during low temperature storage. *LWT - Food Science and Technology* 42:879-884.

- Ministerio de Salud de Colombia. 1991. Elaboración conservación comercialización de jugos concentrados néctares, pulpas, pulpas azucaradas y refrescos. Resolución 7992 del 21 de Julio de 1991.
- Penteado, A. L., Leitao M F. F. 2004. Growth of *Listeria monocytogenes* in melon, watermelon and papaya pulps. *International Journal of Food Microbiology* 92:89-94.
- Parker, T. L., Esgro, S. T., Miller, S.A., Myers L. E., Meister, R.A., Toshkov, S.A., Engeseth N. J. 2010. Development of an optimised papaya pulp nectar using a combination of irradiation and mild heat. *Food Chemistry* 118:861-869.
- Rogez, H., Buxant, R., Mignolet, E., Souza, J., Silva, E., Larondelle, Y., 2004. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: aracabo(*Eugenia stipitata*), bacurí (*Platonia insignis*) and cupuacu (*Theobroma grandiflorum*). *Eur. Food Res. Technol.* 218, 380-384.
- Thompson, A.K. 1996. Postharvest treatments. En: *Postharvest Technology of Fruits and vegetables*. Blackwell Science 4: 95-128.
- www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomía/71180/index.htm

Capítulo 4

Estructura de la cadena productiva de frutales para Agrocomercial del Caquetá

85

A Alvarez Morato¹, J Barrera², M. Carrillo², J. Cardona² y M.S. Hernandez²

Agrocomercial del Caquetá es una empresa de la región amazónica Colombiana creada en el año 2005 con el objeto de fortalecer la comercialización de productos agropecuarios elaborados por 350 familias campesinas ubicadas en los municipios de Albania, Curillo, San José, Solita, Valparaíso y Florencia, Departamento del Caquetá – Colombia.

La misión de la organización es fomentar la economía lícita del campesino Caqueteño, mediante la generación de estrategias que permitan la comercialización de los productos excedentes de la finca; permitiendo asegurar unos ingresos óptimos, seguros y constantes, que redunden en el mejoramiento de la calidad de vida.

La cadena productiva del arazá se estableció en los municipios del sur del departamento de Caquetá, los cuales cuentan con un potencial productivo para este fruto, en razón a los cultivos implementados en el marco del programa de sustitución de cultivos ilícitos que se adelantó con productores de la zona, cuyo mayor énfasis estuvo en la producción de látex de caucho.

La caracterización de la cadena de arazá para departamento de Caquetá se realizó mediante ejercicios participativos con los actores

1 Economista. Consultor en mercados

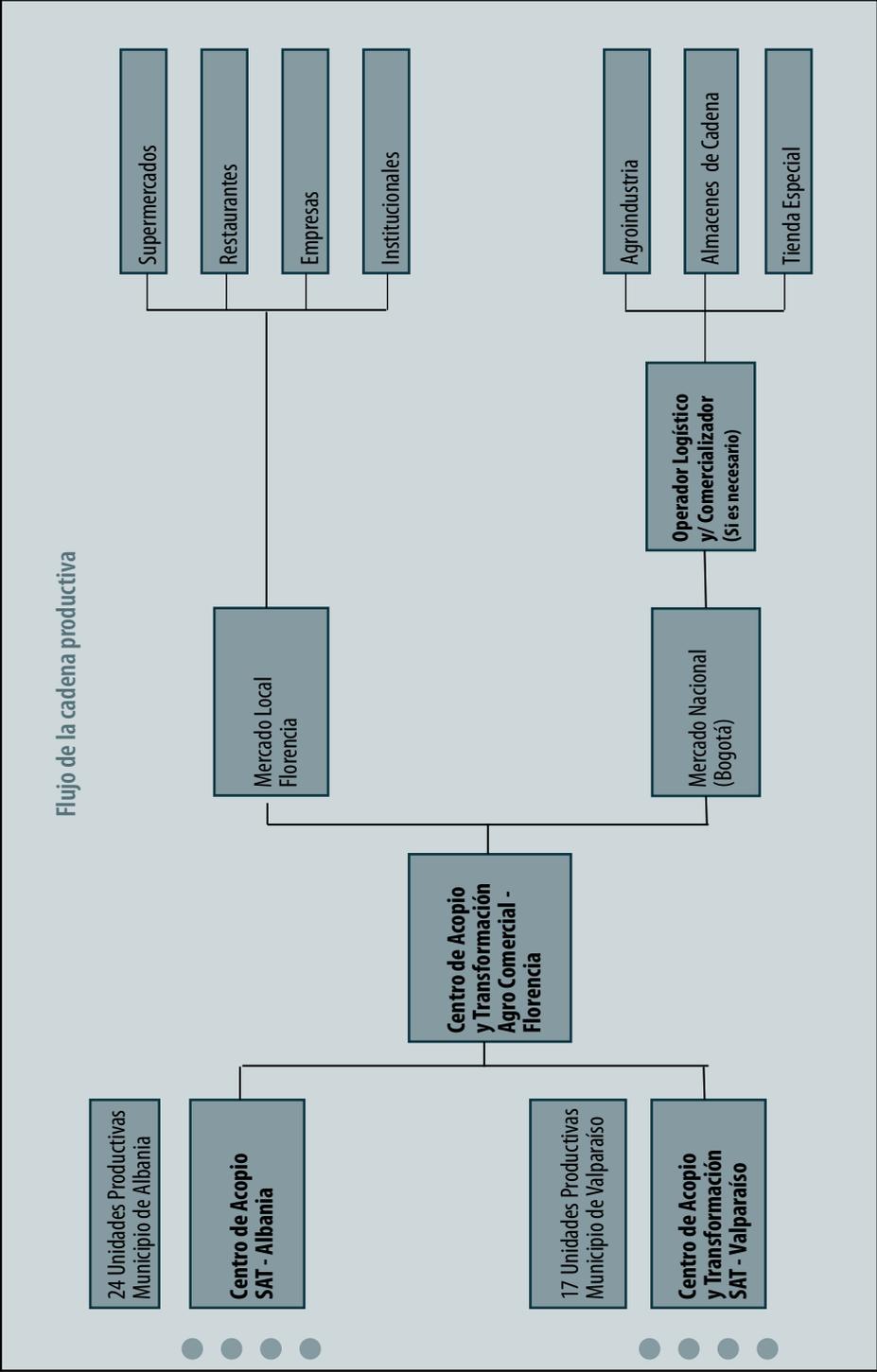
2 Instituto Amazonico de Investigaciones Cientificas Sinchi

de la cadena, la sistematización de la información existente a través de visitas a las unidades productivas y entrevistas con productores de los municipios de Valparaíso y Albania e instalaciones e infraestructura con la que actualmente cuentan las SATs (Sociedades Agrícolas de trabajo) de Albania y Florencia.

Para este ejercicio se entiende por cadena productiva el conjunto de actividades y actores interrelacionados con el objeto de producir un producto, y trasladarlo desde la provisión de insumos hasta el consumidor final, pasando por la producción, transformación y distribución. Cuando esta relación se vuelve una colaboración estratégica entre varias organizaciones participantes, con el fin de lograr ciertos objetivos en el mercado durante el largo plazo y para el beneficio mutuo de los participantes, se conoce como una Cadena de Valor (Lundy Mark 2005).

Características de la definición:

- Tiene una visión desde el mercado
- Promueve alianzas entre los actores de la cadena: intereses comunes, en busca de un beneficio mutuo.
- Busca la competitividad por medio de la disminución de los costos de operación y generación de valor
- Propende por la generación de confianza entre los actores de la cadena: intercambio de información y la construcción participativa
- Enfatiza en el desarrollo local y la competitividad regional.
- Promueve la innovación participativa a nivel tecnológico, comercial, organizacional e institucional
- Busca el liderazgo y el empoderamiento de los actores
- Tiene una visión de largo plazo
- Trabaja con productores rurales con capacidad productiva y visión empresarial



Descripción de la estructura y de los actores en la cadena

Unidades Productivas:

Al inicio del programa de fortalecimiento de la cadena de frutas amazónicas se encontró que el Municipio de Albania vinculaba a 24 productores asociados en SAT los cuales se encontraban con recursos para iniciar un proceso de certificación orgánica. La unidad productiva cuenta con centro de acopio, sin embargo no dispone de equipamiento para el procesamiento de las frutas. En el centro de acopio se realiza recepción, selección, empaque y envío de fruta fresca a Florencia al centro de transformación.

En el Municipio de Valparaíso se identificaron 17 productores asociados en SAT El Centro de Acopio SAT compra fruta fresca a productores y elabora pulpas en presentaciones de 125 gr., 250 gr. y 1 kilo. Adicionalmente produce agua potable y néctares. Sin embargo, su capacidad para almacenamiento en frío es restringido.

Agrocomercial es la empresa de comercialización que coordina la venta directa del orden local y nacional de las SAT asociadas, manteniendo un precio de sustentación de US\$0.35

Las SAT se encontraban en el inicio del programa en capacidad de implementar buenas prácticas de cosecha, para lo cual se reforzaron conceptos de manejo en finca. En el proceso de fortalecimiento, se propuso que la fruta de primera se acondicionara en cajas de cartón para su comercialización en fresco y las segundas y con defectos menores se destinara para la agroindustria

Descripción de Actividades:

- Cosecha y selección de fruta. La fruta en buenas condiciones se empaca en la presentación de cartón. La fruta que presenta daños se empaca en canastillas de plástico y se destinará a la transformación en pulpa.
- La fruta empacada en la presentación de cartón se transportará directamente al centro de acopio en Florencia de agrocomercial donde se unificará la producción y se realizará el alistamiento para enviar a los diferentes clientes.

- La fruta en canastilla igualmente se enviará al centro de acopio de AGROCOMERCIAL para la transformación de varios productos. Para el caso de los productores de Valparaíso, la fruta en canastilla se transformará en pulpa en el Centro de Valparaíso bajo las mismas presentaciones y especificaciones que AGROCOMERCIAL.
- Para la recolección del fruto en las fincas productoras se estructuró una ruta y a partir de esta se propone contratar el servicio de transporte regular, que recoja la fruta con una periodicidad definida uno o dos días a la semana dependiendo de la cosecha y el volumen de fruta.

Centro de Acopio y Transformación Agrocomercial Caquetá Florencia.

Como agrocomercial requería de un centro de acopio y transformación, se identificó la planta de frutales amazónicos, del convenio Universidad de la Amazonia – Instituto Sinchi, como la instalación en la cual se realice la primera etapa de fortalecimiento de la cadena de arazá en el Departamento. Al centro se le hicieron adecuaciones, las cuales obedecieron a las recomendaciones del Invima, de acuerdo con el Decreto 3075 y se dotó con un cuarto frío que aumentó la capacidad de almacenamiento de la empresa y dispensar la temperatura apropiada para la fruta y el producto procesado.

Este centro de acopio se dispone en la actualidad con la capacidad de acopio y recepción de fruta en fresco para su despacho a centros de consumo y para la elaboración de pulpa y proceso de deshidratación. El centro cuenta con todas las especificaciones técnicas para el cumplimiento de las normas sanitarias y se espera implementar prácticas para el cumplimiento de Buenas Prácticas de manufactura, en adelante –BPM–.

Descripción de Actividades:

Recepción de fruta fresca en empaques de cartón para la unificación y distribución a clientes a nivel local y nacional. Al centro de acopio llega la fruta fresca que proviene de los municipios de Valparaíso

y Albania. Se realiza un control de calidad por sanidad, se unifica la fruta y se alistan los pedidos para los diferentes clientes.

Recepción y procesamiento de la fruta fresca en canastillas. La fruta de segunda que proveniente de los municipios de Valparaíso y Albania. se utiliza para la elaboración de pulpa de fruta en presentaciones de 125 gr, 250 y 1 Kilo y en baldes de 5 Kg . En el mediano plazo, un porcentaje de esta fruta se destinará al proceso de secado y deshidratación.

Contratación de medios de transporte y distribución de pedidos a nivel local y nacional El transporte hacia los centros de consumo requiere una logística apropiada. El cumplimiento de pedidos y permanente proveeduría requiere de un sistema de comercialización a través de un operador de tierra que distribuya y realice promociones permanentes del producto.

El programa de proveeduría incluye el contacto y seguimiento de clientes en mercados locales y nacionales, el manejo de inventarios de cada SAT y de Agrocomercial y el procesamiento de órdenes de compra, facturación y seguimiento a la cartera con diferentes clientes.

Distribución y Comercialización:

Desde el centro de acopio ubicado en Florencia se coordina la distribución y comercialización de los productos ofrecidos por Agrocomercial. Los productos que ofrece Agrocomercial son:

Producto	Presentación
Fruta en fresco primera clase consumidor final	Empaque en cartón , Peso aprox 8,5 kilos
Fruta en fresco segunda clase para procesamiento	Canastilla, Peso aprox 15 kilos
Pulpa de Fruta	Polietileno 3 gr, 125 gra por 8 Unidades
Pulpa de Fruta	Polietileno 3 gr, 250 gra, Canastilla
Pulpa de Fruta	Polietileno 3 gr, 1 kilo
Fruta deshidratada	Empaque, 250 gr consumo final, 5 kilos institucional

Estrategia de Comercialización

La estrategia de comercialización se define como las actividades que se deben desarrollar para alcanzar los objetivos y metas comercia-

les que se han trazado a partir del estudio e identificación del mercado. Esta estrategia se conoce comúnmente como las “4 ps” del Marketing, las cuales son: Producto, Precio, Plaza y Promoción

Portafolio de Producto:

Ficha técnica arazá (*Eugenia stipitata*)

Fruto fresco:



Descripción del Producto:

Parametro	
Características del empaque:	Cajas de cartón corrugado de ensamble manual con capacidad de 8 kg de fruta. Cada caja contiene dos niveles separados por una lámina de poliestireno calibre 20 y con divisiones entre frutas en carton kraft. Se permite apilar hasta 5 cajas máximo, sin que la fruta sufra daños.
Vida útil	12 días conservado en refrigeración (12°C), y de 8 días conservado a T ambiente (20°C)
Control especial de distribución	Mantener la fruta lejos de sustancias que impartan aromas o sabores desagradables, como material de aseo o alimentos en descomposición.

Tamaño y composición promedio del fruto fresco:

TAMAÑO	
Diámetro longitudinal	5.7 – 7.7 cm
Diámetro transversal	6.4 – 9.0 cm
Peso	120 – 328 g

COMPOSICIÓN	
Corteza	4.2 – 6.0 %peso
Pulpa	72.0 – 78.3 %peso
Semilla	17.5 – 22.4 %peso

Características fisicoquímicas del fruto de arazá.

Sólidos solubles totales	< 6%
pH	3,0 ± 3
Acidez Total Titulable	2,6 – 2,8% Ac. Málico
Azúcares reductores (%bs)	0.302
Azúcares totales (%bs)	0.427
Materia seca (%bs)	7.89
Cenizas (%bs)	2.814
Proteínas (%bs)	11.05
Extracto etéreo (%bs)	12.32
Fibra cruda (%bs)	9.74

PULPA DE ARAZA:



Descripción del producto:

Parámetro	Descripción
Características del Empaque	Bolsas resellables flex pack transparentes de polietileno coextruido, con capacidad de 250 g.
Vida Útil	El producto tiene una vida comercial de 3 meses conservado en refrigeración (12°C).
Ingredientes	Pulpa de arazá. Conservantes: sorbato de potasio y benzoato de sodio concentración 30% del nivel permitido por la norma
Instrucciones para etiquetado	Manténgase refrigerado. Después de abierto consúmase en el menor tiempo posible. Fecha de vencimiento.
Control especial de distribución	Mantener el producto lejos de sustancias que impartan aromas o sabores desagradables.

Atributos de calidad sensorial de la pulpa de arazá:

Parámetro	Descripción
Apariencia y color	Característico amarillo brillante, uniforme, ausencia de trozos de cáscaras y semillas.
Aroma	Característico de la fruta, a frutas frescas
Sabor	Acido, refrescante
Consistencia	Suave, homogénea

Características fisicoquímicas de la pulpa:

Parámetro	Valor
Sólidos solubles totales	< 6%
pH	3,0 ± 3
Acidez Total Titulable	2,6 – 2,8% Ac. málico
Azúcares reductores (%bs)	0.302
Azúcares totales (%bs)	0.427
Materia seca (%bs)	7.89
Cenizas (%bs)	2.814
Proteínas (%bs)	11.05
Extracto etéreo (%bs)	12.32
Fibra cruda (%bs)	9.74

Análisis microbiológico:

Análisis microbiológicos	Método	Resultado
Mesófilos Aerobios ufc/g o MI	Recuento en placa INVIMA #2	--
Mohos y Levaduras ufc/g o MI	Recuento en placa INVIMA #7	<10
Estafilococo Coagulasa (+) ufc/g o mL	Recuento en placa INVIMA #8	--
Bacillus cereus ufc/g o MI	Recuento en placa INVIMA #9	--
Esporas de Clostridium sulfito reductor ufc/g o mL	Recuento en placa INVIMA #10	--
Esporas Anaeróbicas ufc/g o mL	Recuento en placa INVIMA	--
Coliformes /g o mL	N.M.P. INVIMA # 13	--
Coliformes Fecales /g o mL	N.M.P. INVIMA # 14	--
Determinación Salmonella en 25 g	Determinación en 25g de alimento INVIMA #18	--

Etiquetado y rotulado:

La etiqueta desarrollada para la comercialización de arazá en pulpa se elaboró teniendo en cuenta la normatividad vigente para tal fin, a saber:

- Resolución 05109 de diciembre de 2005, por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano.
- Resolución 288 de enero 2008, por la cual se establece el reglamento técnico sobre requisitos de rotulado y etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano.

Desde la visión comercial, la etiqueta incluyó la imagen corporativa diseñada para la empresa. Esta imagen, bajo la marca Yari, vincula la visión ambiental, social y cultural del desarrollo sostenible. Igualmente, a través de los colores y texturas, hace alusión a la región amazónica.

Plaza:

Las plazas se entienden como los canales de comercialización por donde se van a comercializar los productos. Teniendo en cuenta el perfil de mercado, y la capacidad actual de producción de Agrocomercial, se definieron los siguientes canales de comercialización:

- Cadenas de Supermercados:

A través del acuerdo comercial establecido con la cadena de supermercados Carulla Vivero S.A., inicialmente en cinco puntos de venta de Bogotá.

- Agroindustria:

Se realizaron los primeros acuerdos de trabajo para el desarrollo de productos a partir de la pulpa de arazá con la empresa Meals de Colombia.

Actividades de Promoción:

Teniendo en cuenta que inicialmente, los productos de la empresa se están comercializando a través de la cadena de supermercados de Bogotá y Florencia, se desarrollaron las siguientes actividades de promoción, con el objeto de Promocionar y posicionar el arazá como producto de la biodiversidad amazónica.

Lanzamiento del arazá :

El lanzamiento del producto se realizó en Carulla Rincón colina con una agenda que incluyó.

- Decoración el punto de venta con artesanías, frutas y demás accesorios representativos de la región amazónica.
- Proyección video de la región amazónica
- Cóctel de arazá a los invitados y entregar de recetario y usos de la fruta.

En el lanzamiento se vincularon representantes Ministerio de Ambiente, Ministerio de Agricultura, Asohofrucol, Acción Social, Programa de sustitución de cultivos ilícitos,

Club de Cocina:

Se contrató un Chef para que periódicamente realice un show en los puntos de venta en los cuales se inició la comercialización del producto. El club de cocina, consiste, en introducir con clientes especiales de las cadenas de supermercados el nuevo producto permitiendo que aprendan a cocinar diferentes recetas con el chef a partir del nuevo producto y que ellos consuman los productos elaborados, durante la sesión

Actividades promocionales:

Iniciando el fin de semana del lanzamiento, cada ocho días se realizaron actividades de promoción distribuidas en los puntos de venta donde se inició la venta de arazá. Se realizaron las siguientes actividades:

- Degustación de jugo de arazá.
- Entrega de recetario
- Impulsadota promocionando el producto
- Chef elaborando alguna receta con la pulpa de arazá

Elementos de comunicación:

Diseño y elaboración de una cartilla (carta tres cuerpos) que contiene:

- Información de la región amazónica
- Usos: Recetario
- Beneficios: Salud, ambiental y social



Volante de Promoción:



Presentación Institucional y portafolio de Productos.

A partir de la estrategia de marketing diseñada para AGROCOMERCIAL, y teniendo en cuenta el mercado objetivo inicial (cadena de supermercados y agroindustria), se construyó participativamente un presentación institucional, que incluye la imagen corporativa de la empresa. La presentación institucional tiene por objeto ser un elemento de comunicación y promoción de la organización frente a instituciones y posibles clientes. Igualmente, el diseño de la carpeta permitirá a la empresa anexar información adicional solicitada por clientes o instituciones de apoyo, tales como ficha técnicas del producto, cotizaciones, información de producción y del objeto de la organización. Para la elaboración se siguieron los siguientes pasos:

- Diseño de propuestas de la imagen corporativa
- Socialización, ajustes y validación de imagen por parte de los representantes de Agrocomercial.
- Ajustes al diseño.
- Elaboración de los textos y fotos de la presentación.
- Ajustes a la presentación y validación con representantes.
- Impresión de la presentación.

A continuación se muestran los elementos elaborados:

1. Logo y marca de la empresa
2. Presentación Institucional:



Adicionalmente, se elaboró un documento de presentación de Agrocomercial, que incluye la descripción de los productos y la propuesta económica, esta con el objeto de ser una herramienta para la negociación con los clientes potenciales identificados.

Finalmente, y como complemento de los elementos de la imagen corporativa, se elaboraron las tarjetas de presentación para el equipo de trabajo y el formato de hoja para impresión de documentos de la empresa.

Base de Datos:

De acuerdo al mercado objetivo y los canales de comercialización definidos en el marco de la estrategia de comercialización, se identificaron los clientes potenciales para la organización y se realizó el contacto con el encargado de estas empresas. La base de datos se construyó a partir de:

- Compradores nacionales e internacionales contactados durante la feria.
- Almacenes de cadena, restaurantes y agroindustria a nivel local (Florencia), identificados y entrevistados durante la encuesta e investigación de mercados realizada en Florencia con el apoyo de estudiantes de la maestría de la Universidad de la Amazonía.

- Almacenes de Cadena, restaurantes y Agroindustria a nivel nacional, principalmente en la ciudad de Bogotá, contactados durante la asesoría.

Literatura consultada

Camara de Comercio de Bogotá CCB. 2005. Balance Tecnológico Cadena Hortofrutícola en Bogotá y Cundinamarca. 70p

DANE. 2007. Encuesta anual de servicios: Hoteles, restaurantes y agencias de viajes. Boletín de prensa.35p

McKinsey, 2004 Emprendimientos sociales sostenibles: Como elaborar un plan de negocios para organizaciones sociales. Sao Paulo. 120p

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2004. Observatori Agro-cadenas. La competitividad de las cadenas agroproductivas en Colombia. Análisis de su estructura y dinámica 1991-2004

Prompex. 2007. Manual para la elaboración de planes de bionegocio. Lima, Perú. 65p

