

# CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE PIGMENTOS FOTOSINTETICOS EN PLANTAS DE CAFETOS

Valdés Carmenate, R.; R. Barreras Marante; R. Pombo Fernández; H. Vento Díaz

Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Cuba.

**RESUMEN.** Se realizó un estudio anatómico y bioquímico-fisiológico para establecer algunas características del sistema de pigmentos fotosintéticos en plantas de cafetos cultivadas a plena exposición solar y con diferentes dosis de nitrógeno. En los cortes histológicos al microscopio óptico, se percibe una estructura dorsiventral típica de plantas del tipo C-3, con elevado contenido de cloroplastos en las células del mesófilo y del haz envoltivo. La separación de los pigmentos se hizo mediante técnica cromatográfica y al analizar las relaciones  $Cl a/Cl b$ , carotenos/xantofilas y carotenos/ $Cl b$  se encuentra una ligera mayor proporción del sistema de pigmentos I en la etapa de floración. Al aumentar la dosis de nitrógeno, se observa la tendencia a una menor proporción del sistema de pigmentos I.

**PALABRAS CLAVE:** Café, sistema de pigmentos.

## CHARACTERISTICS OF THE PHOTOSYNTHETIC PIGMENT SYSTEMS IN COFFEE PLANTS

**SUMMARY.** An anatomical, physiological and biochemical study was done to establish some characteristics of photosynthetic pigment systems in coffee plants cultivated at full sunlight with different doses of nitrogen. A typical backventral structure of C-3 plants, with a great number of chloroplasts in both mesophyll cells and bundle sheath was observed under an optical microscope in histological cuts. Pigment separation was done by chromatography and higher values were obtained in  $Cl a/Cl b$ , carotenoids/xanthophylls and carotenoids/ $Cl b$  ratios for pigment system I in the flowering stage. Lower ratios in pigment system I were observed with increasing doses of nitrogen.

**KEY WORDS:** Coffee, pigment systems.

## INTRODUCCION

En numerosos estudios sobre los pigmentos fotosintéticos, se ha encontrado la alta sensibilidad y variabilidad en su composición cuando son afectadas las plantas tanto por factores ecológicos como por factores internos (Tuba, 1984).

Se ha encontrado que estas variaciones en el contenido de pigmentos fotosintéticos se asocian con los cambios que aparecen en la ultraestructura del cloroplasto, muy relacionada a la vez con las características de las plantas según la fijación fotosintética (Maroti *et al.*, 1984).

Considerando que en la literatura especializada existe poca información sobre los aspectos abordados para el café, se procedió al estudio anatómico y fisiológico-bioquímico de plantas de cafetos relacionado con el aparato foliar y el sistema de pigmentos fotosintéticos en dos momentos fisiológicos del cultivo.

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con una plantación de *Coffea arabica* L. (var. Caturra) de 4 años de plantada sobre suelo

Ferrallítico Rojo compactado, ubicada en San José de las Lajas, La Habana, a los 87°71' de longitud y 23° de latitud y a una altura de 138 msnm; encontrándose a plena exposición solar.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Inicialmente el campo fue fertilizado con cachaza (40 t/ha) y se realizó la adición anual de fertilizante mineral con 3 tratamientos nitrogenados (0, 140 y 280 kg/ha) y con dosis fijas de fósforo (100 kg  $P_2O_5$ /ha) y de potasio (100 kg  $K_2O$ /ha).

Para el análisis histológico se utilizó como fijador el FAA, siguiendo posteriormente el método de inclusión en parafina con deshidratación de tejidos, realizando cortes transversales en un micrómetro de deslizamiento de 7 micras de grosor, empleándose como medio de tinción la safranina. Las observaciones se hicieron a partir de muestras foliares tomadas en la etapa de fructificación. Las tomas fotográficas fueron realizadas utilizando un fotomicroscopio III Carl Zeiss con objetivos 10x y 40x.

La separación cuantitativa de los pigmentos fotosintéticos se realizó a partir de una adaptación de la técnica de cromatografía planteada por Eliati *et al.*, (1969) empleándose como adsorbente la mezcla alúmina-sulfato de sodio (1:1); leyéndose la

absorbancia de las clorofilas A y B (663 y 645 nm, respectivamente) (sistema I), carotenoides (440 nm), carotenos (450 nm) y xantofilas 440 nm). Para el cálculo de las concentraciones de clorofilas se empleó la fórmula propuesta por McKinney (1941) y Kouchkovsky (1963); para los carotenoides, carotenos y xantofilas se asumió un  $E = 2500$ .

Las muestras foliares se tomaron del tercero-quinto par de hojas a partir de la yema terminal por ser las más representativas fisiológicamente (Carvajal, 1960); formándose muestras homogéneas de los 4 puntos cardinales, escogiéndose la zona media de la copa de diez plantas de cálculo de cada parcela en dos etapas fisiológicas, floración y fructificación.

Los datos del contenido de pigmentos se procesaron a partir de un diseño bifactorial (3 dosis nitrogenadas y 2 etapas fisiológicas), realizándose la prueba de Duncan para determinar la significación entre las medias de los tratamientos estudiados.

## RESULTADOS Y DISCUSION

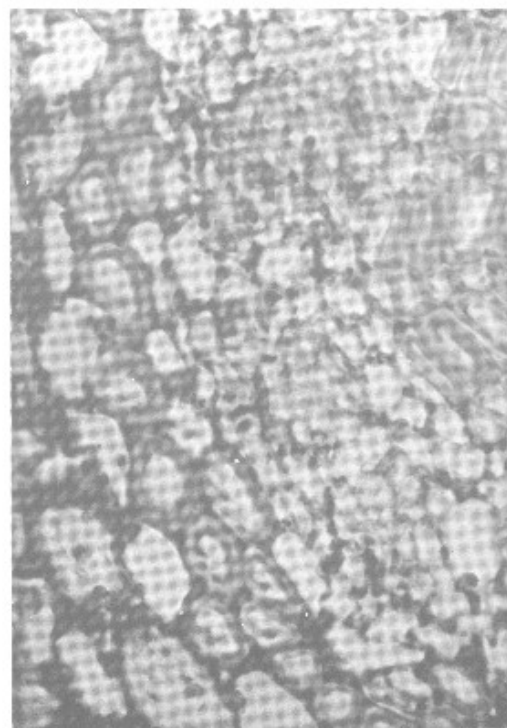
En la Figura 1 (a, b), se encuentra una muestra de un corte transversal de la hoja del cafeto (región de los haces vasculares) donde se destaca que los haces

vasculares están rodeados de tejido clorénquimatoso, observándose gran cantidad de cloroplastos en estas células, apreciándose que el mesófilo que rodea a esta vaina se encuentra organizado radialmente alrededor de ella, aspecto éste que caracteriza a las plantas del tipo C-4 según lo planteado por Ascencio (1982).

A continuación de la vaina de tejido clorénquimático se aprecian una o dos capas de células esclerenquimatosas, las cuales contribuyen a dar resistencia al haz vascular.

Los cloroplastos aparecen localizados en la capa de tejido clorénquimático en posición centrifuga, lo cual concuerda con estudios realizados por Orozco-Castaño y Cassalet (1974) en el mismo tipo de cultivo.

En la Figura 2 (a, b) se aprecian cortes transversales del mesófilo de la hoja del cafeto donde puede destacarse una estructura dorsiventral típica de plantas del tipo C-3 acorde con lo planteado por Ascencio (1982); con epidermis uniestratificadas tanto por el haz como el envés, presentando mayor tamaño las células de este tejido por la cara adaxial. A continuación se observa una capa de células de parénquima en empalizada, las cuales son largas y estrechas con abundante concentración de



**Figura 1. Corte transversal de la hoja del cafeto. Área del haz vascular.**

- a) Región de los haces vasculares observándose la capa de clorénquima que los rodea (objetivo 10x).
- b) Capa de clorénquima con gran cantidad de cloroplastos localizados en posición centrifuga (objetivo 40x).

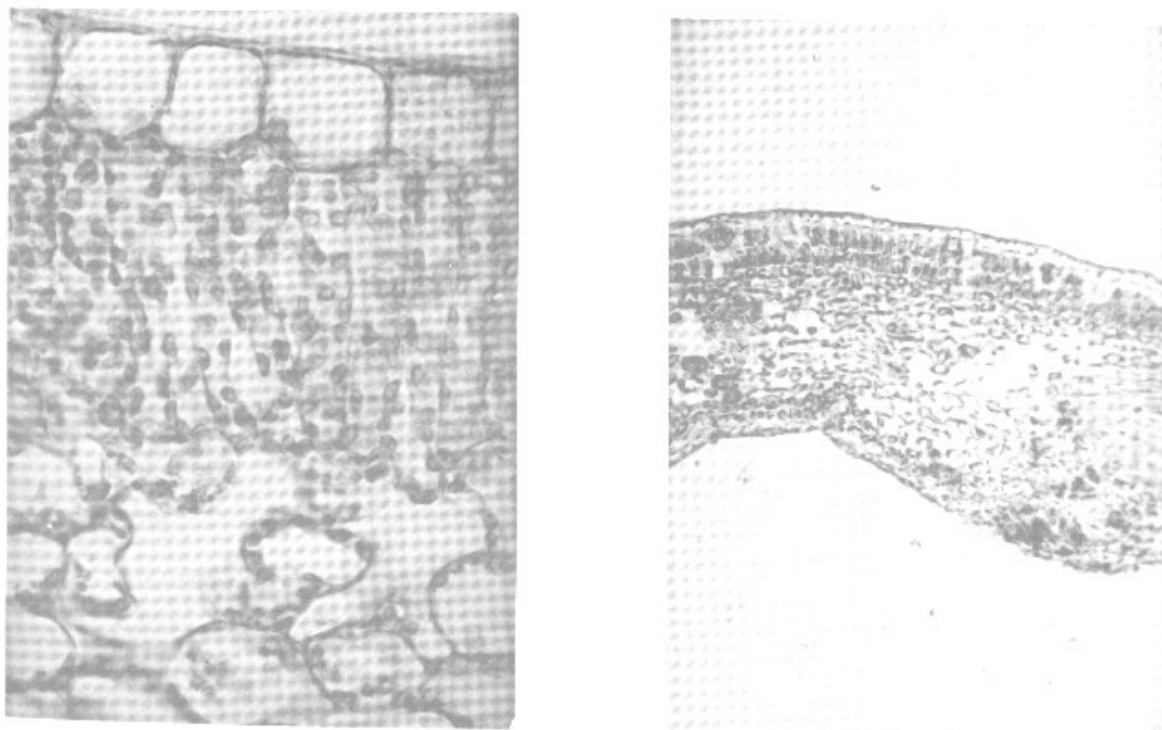


Figura 2. Corte transversal de la hoja del cafeto. Región del mesófilo.

a) Área del mesófilo con típica estructura dorsiventral (objetivo 10x)

b) Parénquima en empalizada con gran cantidad de cloroplastos (objetivo 40x).

cloroplastos, observándose seguidamente varias capas de células de parénquima lagunoso con los cloroplastos distribuidos al azar en su interior.

Dado que presentan un elevado número de cloroplastos tanto en las células del mesófilo como el haz envolvente, tendrán dichas plantas, la posibilidad de realizar una asimilación del  $\text{CO}_2$  ligeramente superior a las plantas C-3 típicas, resultados éstos concordantes con los expresados por Valdés (1985) al evaluar en esta misma variedad la asimilación potencial del  $\text{CO}_2$  en condiciones de cultivo en campo empleando ( $^{14}\text{C}$ ).

En el Cuadro 1 se aprecia el contenido de pigmentos fotosintéticos (expresados en  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$  área foliar) según las diferentes etapas y dosis de nitrógeno empleadas, encontrándose que la interacción biológica de ambos factores estudiados dió significación estadística, lo cual es indicativo de que para el cafeto es importante considerar la fenofase del cultivo y las condiciones del ecosistema al evaluar su respuesta fisiológica-bioquímica.

El mayor contenido de los pigmentos se detecta en la etapa de floración, incrementándose para cada una de las etapas estudiadas con el aumento de la dosis nitrogenada, fundamentalmente para el caso de las clorofilas. Estos resultados se encuentran en concor-

CUADRO 1. Contenido de pigmentos fotosintéticos ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ ) para diferentes etapas fisiológicas y dosis nitrogenada.

Tratamiento	Cla / Clb	Carotenoides	Carotenos	Xantofilas
$\text{N}_0\text{E}_1$	6.38 c	0.69 a	0.19 a	0.54 a
$\text{N}_1\text{E}_1$	6.78 b	0.66 a	0.19 a	0.51 a
$\text{N}_2\text{E}_1$	7.30 a	0.57 b	0.12 b	0.39 b
$\text{N}_0\text{E}_2$	5.56 e	0.40 c	0.10 b	0.30 b
$\text{N}_1\text{E}_2$	5.96 d	0.48 c	0.12 b	0.33 b
$\text{N}_2\text{E}_2$	6.04 d	0.46 c	0.12 b	0.34 b

\*\*  $p < 0,01$ ; medias con letras distintas difieren significativamente al 5% probabilidad.

$\text{N}_0$  (0 kgN/ha)  $\text{E}_1$ - Etapa de floración

$\text{N}_1$  (140 kgN/ha)  $\text{E}_2$ - etapa de fructificación

$\text{N}_2$  (280 kgN/ha)

dancia con estudios hechos anteriormente por los autores con el mismo cultivar, y que verdaderamente ratifican que en la etapa de fructificación los intermediarios metabólicos que participan en la síntesis de los pigmentos fotosintéticos, son desviados prioritariamente hacia el fruto.

De los resultados igualmente puede plantearse que el contenido de xantofilas es algo más de dos veces superior al contenido de carotenos; asimismo se

observa un contenido más estable de xantofilas y carotenos según los diferentes tratamientos nutricionales, lo cual nos indica que en el metabolismo de síntesis de los pigmentos carotenoides es menos influyente el factor nutricional, al menos en las condiciones experimentales abordadas.

En el Cuadro 2 se analizan varias de las posibles relaciones entre los diferentes pigmentos fotosintéticos estudiados. Los bajos valores de las relaciones Cla/Clb y carotenos/xantofilas son típicos de plantas poco eficientes (C-3) según lo planteado por Anderson *et al.* (1972); encontrando igualmente que existen pocas variaciones según la dosis nitrogenada.

**CUADRO 2. Relación entre el contenido de pigmentos fotosintéticos para diferentes etapas fisiológicas y dosis nitrogenada.**

Tratamiento	Cla/Clb	Carotenos/Xanto filas	Carotenos/Clb
N <sub>0</sub> E <sub>1</sub>	1.62	0.35	0.079
N <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	1.61	0.37	0.072
N <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	1.60	0.35	0.063
N <sub>0</sub> E <sub>2</sub>	1.58	0.33	0.060
N <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	1.56	0.36	0.057
N <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	1.53	0.35	0.057

N<sub>0</sub> (0 kgN/ha) E<sub>1</sub>- etapa de floración

N<sub>1</sub> (140 kgN/ha) E<sub>2</sub>- etapa de fructificación

N<sub>2</sub> (280 kgN/ha)

A partir de los valores de las relaciones estudiadas y acorde con lo expresado por Tuba (1984) se encuentra una mayor proporción del sistema de pigmentos I en la etapa de floración; lo cual evidentemente contribuirá a que las plantas puedan tener una fijación fotosintética relativamente superior en una etapa fisiológica de activa intensidad metabólica.

Por otra parte, al aumentar la dosis nitrogenada y en ambas etapas fisiológicas, se percibe una disminución en la proporción del sistema de pigmentos I, por lo que pudiera asumirse de que esta situación afecte la capacidad fotosintética del cultivo debido a una disminución de la potencialidad de las reacciones asociadas a dicho sistema de pigmentos.

Puede expresarse que los resultados muestran que las plantas adaptan sus mecanismos en el funcionamiento de los sistemas de pigmentos según la etapa fisiológica abordada, con el fin de que no se vea afectada su actividad fotosintética, lo cual se encuentra en correspondencia con lo planteado por Maroti *et al.* (1984) y Tuba (1984) trabajando con varias especies.

## CONCLUSIONES

- Del estudio anatómico de la hoja del cafeto (var. Caturra) puede expresarse que sus características son intermedias entre plantas C-3 y C-4 típicas.
- El contenido de pigmentos fotosintéticos es mayor en la etapa de floración, aumentando con el incremento en la dosis nitrogenada fundamentalmente en el caso de las clorofilas.
- Los valores de las relaciones Cla/Clb y carotenos/xantofilas son indicativos de que el cafeto (var. Caturra) se comporta como una planta poco eficiente fotosintéticamente (C-3).
- Se encuentra una mayor proporción del sistema de pigmentos I en la etapa de floración.

## LITERATURA CITADA

- ANDERSON, J.M.; K.C. WOO; N.K. BOARDMAN. 1972. Photochemical properties of mesophyll and bundle sheath chloroplast from C4 plants. *Photosynthesis and Photorespiration* 353-360.
- ASCENCIO, J. 1982. Mecanismo fotosintético en plantas con fotosíntesis intermedia C3-C4 y en plantas acuáticas. *Rev. Facultad Agronomía (Maracay)*, 7(3-4): 267-282.
- CARVAJAL, J.F. 1960. Estudio de las deficiencias de N,K,Mg,B,Mn en plantas de café. *Rev. Biol. Trop.* 8(2):165-167.
- ELIATI, S.K.; S.P. MONSELISE; P. BUDOWSKI. 1969. Seasonal development of ripening Shamonti Oranges. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 99(4).
- KOUCHKOVSKY, Y. 1963. Induction photosynthétique des chloroplastes isolés. *Physiol. Veg.* 1, 15-76.
- MAROTI, I.; Z. TUBA; M. CSIK. 1984. Changes of chloroplast ultrastructure in Sedum during drought and after recovery. *J. Plant Physiol.* 116, 1-10.
- McKINNEY, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. *J. Biol. Chem.* 140(2), 315-322.
- OROZCO-CASTAÑO, F.J.; C. CASSALETT. 1974. Características anatómicas de las hojas y su relación con el posible ciclo fotosintético del café. *CENICAFE* 25(4), 104-112.
- TUBA, Z. 1984. Rearrangement of photosynthetic pigment composition in C4, C3 and CAM species during drought and recovery. *J. Plant Physiol.* 115, 331-338.
- VALDES, R. 1985. Influencia de la nutrición nitrogenada y fosfórica sobre algunos aspectos de la fotosíntesis en el café. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias La Habana, Cuba, 139 pp.