

# VARIACIONES EN ÁREA FOLIAR Y CONCENTRACIONES DE CLOROFILAS Y NUTRIMENTOS ESENCIALES EN HOJAS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora* P.) DURANTE UN CICLO ANUAL

VARIATIONS IN THE FOLIAR AREA AND CONCENTRATIONS OF CHLOROPHYLLS AND ESSENTIAL NUTRIENTS IN LEAVES OF ROBUSTA COFFEE (*Coffea canephora* P.) DURING AN ANNUAL CYCLE

Marín-Garza, T.<sup>1</sup>; Gómez-Merino, F.C.<sup>2</sup>; Aguilar-Rivera, N.<sup>1</sup>; Murguía-González, J.<sup>1</sup>; Trejo-Téllez, L.I.<sup>3</sup>; Pastelín-Solano, M.C.<sup>4</sup>; Castañeda-Castro, O.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Peñuela-Amatlán de los Reyes km 1, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94945. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>4</sup>Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Prolongación de Oriente 6 No. 1009. Orizaba, Veracruz. C. P. 94340.

\*Autor de correspondencia: odcastaneda@uv.mx

## RESUMEN

Las hojas son el principal órgano donde se lleva a cabo la fotosíntesis en la planta y su composición química puede variar de acuerdo a sus etapas de desarrollo. En esta investigación se midió el área foliar, la concentración de clorofila y de nutrimentos en hojas de café Robusta (*Coffea canephora*) de las variedades Robmex y FRT-07 en diferentes etapas del cultivo: vegetativa, floración y fructificación. El área foliar (~140 cm<sup>2</sup>) fue mayor en la variedad Robmex durante la etapa de floración. En esta misma variedad se tuvieron mas medias más altas de clorofila a (2.00 mg g<sup>-1</sup> PMF) y total (2.83 mg g<sup>-1</sup> PMF), así como de Cu (47.0 mg kg<sup>-1</sup>) en la etapa vegetativa. Con excepción del Cu, todos los demás nutrimentos esenciales fueron más altos en la variedad FRT-07.

**Palabras clave:** Café, variedad Robusta, área foliar, clorofila, nutrimentos esenciales.



## ABSTRACT

Leaves are the main organ where photosynthesis takes place in the plant, and their chemical composition can vary according to their stages of development. In this study, the foliar area was measured, as well as the concentration of chlorophyll and nutrients in Robusta coffee (*Coffea canephora*) leaves of the varieties Robmex and FRT-07 in different stages of growth: vegetative, flowering and fructification. The leaf area (~140 cm<sup>2</sup>) was larger in the Robmex variety during the flowering stage. In this same variety, there were higher means of chlorophyll a (2.00 mg g<sup>-1</sup> FBW) and total (2.83 mg g<sup>-1</sup> FBW), and of Cu (47.0 mg kg<sup>-1</sup>) in the vegetative stage. With the exception of Cu, all other essential nutrients were higher in the FRT-07 variety.

**Keywords:** Coffee, Robusta variety, foliar area, chlorophyll, essential nutrients.

## INTRODUCCIÓN

**El café** es uno de los productos más valiosos para la economía mundial ya que genera empleos a millones de personas, y para muchos países representa hasta el 80 % de sus ingresos por exportación (ICO, 2017). El cultivo de café en México es tan importante que está relacionado con el aspecto económico, social y ambiental, dando sustento a más tres millones de connacionales que están vinculados de alguna forma con el café, generando divisas, en promedio de 900 millones de dólares anuales (SAGARPA, 2015). De los 3.8 millones de sacos (de 60 kg) de café que se producen en México, el 96 % es café Arabica y el restante 4 % es café Robusta, con lo que el país se ubica dentro de los 10 principales productores y exportadores de este grano y es el líder en producción de café orgánico (FIRA, 2015; USDA, 2017).

La planta de café de la variedad Robusta es un arbusto que puede alcanzar 10 metros de altura, tiene una raíz poco profunda y con granos pequeños, en comparación con los de la especie Arabica, además su sabor es más fuerte y amargo, ya que duplica el contenido de cafeína (hasta 4.5 %), aunque se considera de calidad inferior. Algunas variedades de Robusta son valoradas por su sabor profundo y su alta calidad (FIRA, 2015).

Una de las ventajas del café Robusta (*Coffea canephora*), es que su producción es mayor (hasta 4 t ha<sup>-1</sup> de grano al año), presenta tolerancia a plagas y cambios climáticos, se requieren menor cantidad de café cereza para obtener un quintal de café oro (González-Concepción y Rubio-Pérez, 2014), además de la importancia que tiene en la industria del café soluble, por la mayor cantidad de sólidos solubles que lo hace más productivo que otras especies (Ribeiro *et al.*, 2014).

De acuerdo con Hernández-Falcón *et al.* (2015) el café no solo se consume por su sabor, sino también porque tiene muchos beneficios para la salud humana incluyendo la reducción de riesgos a enfermedades como cirrosis hepática, diabetes tipo dos, cáncer colorrectal y hepático, así como enfermedades cardiovasculares, y neurodegenerativas (*i.e.* Parkinson y Alzheimer) (Fonseca-García *et al.*, 2014).

La composición química del grano depende de la actividad fotosintética en la hoja, y los contenidos de biomoléculas como carbohidratos, lípidos, proteínas y clorofilas de la hoja dependen de varios factores incluyendo la etapa fenológica. De hecho, durante la fructificación, nutrimentos como N, K y Mg se movilizan de las hojas a los frutos (Sadeghian *et al.*, 2012), lo que indica que las concentraciones de éstos en tejido foliar también fluctúan a través del ciclo de desarrollo de la planta (Sadeghian y Salamanca, 2015).

En este estudio se cuantificaron las fluctuaciones del área foliar, concentración de clorofilas y macro y micro nutrimentos en hojas de plantas de café Robusta (*Coffea canephora*) de las variedades Robmex y FRT-07 en un ciclo anual.

## METODOLOGÍA

### Material vegetal y condiciones para el experimento

El presente trabajo se realizó con hojas de plantas de café de las variedades Robmex y FRT-07 de la especie *Coffea canephora*. Las plantas de café tenían cinco años de edad, provenientes de parcelas demostrativas de la finca La Laja, ubicada en la congregación La Laja, municipio de Tlaltetela, Veracruz, México, a 19° 17' 10.8" de latitud norte, y 96° 56' 51.9" de longitud oeste, y 1130 m.s.n.m. Las plantas se cultivan bajo sol, con el método tradicional selectivo (siembra, fertilización y poda), suelo tipo cambisol con plantaciones de 2000 arbustos por hectárea. Las etapas del ciclo anual del cultivo evaluadas

fueron: vegetativa (febrero), floración (mayo) y fructificación (diciembre).

### Medición del área foliar

El área foliar se midió con el instrumento óptico medidor de área foliar CID-Biociencia modelo CI-202 (Camas, WA, EEUU) que determina indirectamente el índice de área foliar (IAF).

### Análisis de clorofilas

Se midió la concentración de clorofilas (clorofila a, b y total) en hojas de café siguiendo la metodología descrita por Harborne (1973). Tejido foliar fresco se colocó en acetona al 80 %, se mantuvo en maceración por 24 horas a 4 °C, se filtró y se cuantificó el contenido de clorofilas con base al peso de biomasa fresca (PBF) a una absorbancia de 645 y 665 nm en el espectrofotómetro ThermoFisher modelo Genesys 10S UV-VIS (Madison, WI, EEUU).

### Análisis nutrimental

La concentración de N en hoja se realizó por el método micro-Kjeldahl (Bremner, 1965) y los nutrientes P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Fe y B se cuantificaron por espectrofotometría de emisión óptica de inducción por plasma acoplado, en un equipo ICP-OES modelo 725 (Agilent; Mulgrave, Australia), siguiendo la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

### Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento tuvo un diseño factorial 2×3, en donde el factor 1 fue la variedad a dos niveles (Robmex y FRT-07) y el factor 2 fue la etapa fenológica (vegetativa, floración, fructificación). Los tratamientos se distribuyeron completamente al azar, y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS (SAS, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor área foliar se presentó en la variedad Robmex durante la etapa de floración. Los demás tratamientos observaron medias estadísticamente similares entre

ellas, independientemente de la variedad y de la etapa de evaluación, aunque numéricamente, la menor área se observó en la variedad FRT-07 durante la floración (Figura 1).

De acuerdo con Montoya-Restrepo *et al.* (2017) el área foliar se relaciona con la tasa fotosintética, evapotranspiración, y desarrollo vegetativo, así como con la absorción de agua y nutrimentos.

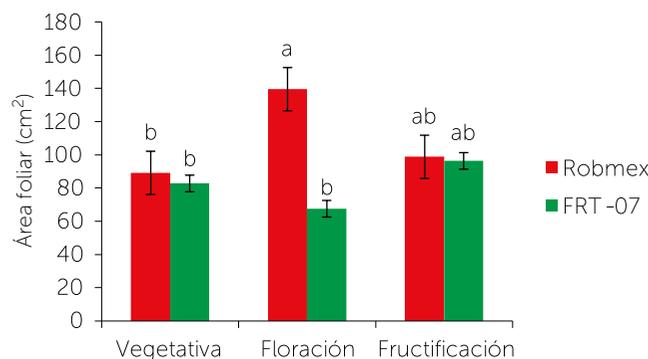
Estudios realizados entre etapas fisiológicas de distintos cultivos, han observado que los valores más altos del área foliar se dan poco después del inicio de floración o durante esta etapa (Acosta-Díaz *et al.*, 2008; Rodríguez-Cabello *et al.*, 2015). De acuerdo con Arcila *et al.* (2007), esto se debe a que una parte de las funciones de las hojas es la de proteger a las yemas, flores y frutos de la radiación y el medio ambiente adverso. El aumento

del área foliar en el árbol, se relaciona con la fructificación y la producción (Almenares-Garlobo *et al.*, 2015). De acuerdo con Montoya-Restrepo *et al.* (2017), la relación del área foliar con la producción de café cereza indica que por cada 100 cm<sup>2</sup> de área foliar existe un incremento de 2.37 g de café cereza verde aproximadamente.

Los tratamientos también afectaron las concentra-

ciones de clorofilas (Cuadro 1). La mayor concentración de clorofila a (2.0 mg g<sup>-1</sup> PMF) y total (2.8 mg g<sup>-1</sup> PMF) se observó en la variedad Robmex en etapa vegetativa. En todos los casos, la menor concentración de las tres variables (clorofila a, b y total) se observó en la variedad FRT-07 durante la etapa de floración.

En cítricos, Reyes-Santamaría *et al.* (2000) observaron que la mayor tasa fotosintética se lleva a cabo durante los meses de octubre a febrero, en donde la planta acumuló carbohidratos como fuente de reserva y para utilizarlos durante el crecimiento vegetativo, floración y fructificación. De acuerdo a Gonçalves de Oliveira *et al.* (2009), un óptimo contenido de clorofila en hojas de café es necesaria para el adecuado proceso de fotosíntesis.



**Figura 1.** Área foliar en plantas de café (*Coffea canephora*) por efecto de la interacción variedad × etapa fisiológica en las variedades Robmex y FRT-07 durante diferentes etapas del ciclo anual. Medias ± DE con letra distinta sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Contenido de clorofilas por efecto de la interacción variedad × etapa fisiológica en hojas café (*Coffea canephora*) variedades Robmex y FRT-07 durante el ciclo anual del cultivo.

Variedad	Etapa	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
		mg g <sup>-1</sup> PMF		
Robmex	Vegetativa	2.00±0.53 a	0.80±0.35 b	2.83±0.87 a
	Floración	1.76±0.89 c	1.00±0.39 a	2.57±0.86 c
	Fructificación	1.45±0.98 d	0.56±0.67 d	2.03±0.87 d
FRT-07	Vegetativa	1.89±0.64 b	0.74±0.86 c	2.66±0.69 b
	Floración	0.83±0.47 f	0.33±0.67 f	1.17±0.74 f
	Fructificación	1.24±0.37 e	0.48±0.87 e	1.74±0.86 e

Medias ±DE con letra distinta en cada columna indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) por etapa del ciclo de cultivo. PMF: Peso de la Materia Fresca.

Los factores de estudio y sus niveles también afectaron la concentración de los macronutrimentos evaluados en hojas (Cuadro 2). En ambas variedades, las mayores concentraciones de N se observaron durante la etapa de fructificación. Para el caso de P, hubo un efecto marcado de la variedad, más que de la etapa, con la variedad FRT-07 mostrando los mayores niveles de este nutrimento en hoja. El K observó una mayor fluctuación entre tratamientos, con los mayores niveles en la variedad FRT-07 durante la fase vegetativa, y los menores en Robmex durante la etapa vegetativa. Ca y Mg mostraron un comportamiento muy semejante entre ellos, pues las mayores cocentraciones se observaron en la variedad FRT-07 durante la etapa de floración, en tanto que los niveles más bajos se registraron en Robmex durante la fructificación.

Se sabe que los requerimientos de nutrientes y agua de las plantas cambian de acuerdo a su etapa de desarrollo durante del año (Ramírez *et al.*, 2010). Por ser requerido para la división y elongación celular, el N es mayormente movilizado durante las etapas tempranas

del crecimiento y desarrollo (Monsalve *et al.*, 2009). Dubberstein *et al.* (2016) observaron que en hojas de plantas de café al iniciar la fructificación los niveles de N y P fueron más altos, mientras que las concentraciones de Ca, Mg y S se observaron variaciones a través del tiempo y que estaban más relacionados con los nutrimentos disponibles en el suelo y el clima, así como de la especie y variedad de la planta que con el desarrollo en etapa de fructificación (Sadeghian *et al.*, 2012).

En plantas de café, los nutrimentos guardan una estrecha relación de la hoja a la fruta, con un año de alta producción y otro de bajo rendimiento debido al agotamiento de fotoasimilados y nutrimentos, particularmente el N, P y K (Reis *et al.*, 2009).

En cuanto al contenido de los micronutrimentos, durante la etapa vegetativa se observó la mayor concentración de Fe (283.8 mg kg<sup>-1</sup>) en la variedad FRT-07, así como Cu (47.87 mg kg<sup>-1</sup>) en la variedad Robmex en la etapa vegetativa. El Zn (22.3 mg kg<sup>-1</sup>) destacó en la variedad

**Cuadro 2.** Concentración de macronutrimentos por efecto de la interacción variedad × etapa fisiológica en hojas de café (*Coffea canephora*) variedades Robmex y FRT-07 durante el ciclo anual del cultivo.

Variedad	Etapa	N	P	K	Ca	Mg
		g kg <sup>-1</sup> PMS				
Robmex	Vegetativa	21.10±0.94 c	0.78±0.69 b	9.37±0.85 e	10.65±0.87 d	2.36±0.55 cd
	Floración	23.80±0.94 d	0.99±0.65 b	13.20±0.59 d	13.01±0.54 c	2.52±0.69 c
	Fructificación	23.90±0.90 b	0.99±0.90 b	14.93±0.65 b	10.63±0.86 d	2.14±0.97 d
FRT-07	Vegetativa	20.50±0.96 e	1.05±0.90 ab	17.86±0.58 a	12.99±0.69 c	3.32±0.86 b
	Floración	20.80±0.95 d	1.06±0.68 a	9.50±0.54 e	20.35±0.69 a	4.22±0.96 a
	Fructificación	26.00±0.86 a	1.22±0.54 a	13.70±0.86 c	17.88±0.65 b	3.20±0.97 b

Medias ± DE con letra distinta en cada columna indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) por etapa del ciclo de cultivo. PMS: Peso de la Materia Seca.

FRT-07 durante la floración, así como el Mn ( $471.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y B ( $62.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), en la misma variedad en la etapa de fructificación (Cuadro 3).

Los micronutrientes son elementos con funciones fisiológicas esenciales en el metabolismo de las plantas. Algunos de ellos funcionan como cofactores enzimáticos o como activadores en la formación estructural de la planta (Dechen y Nachtigall, 2006). De la misma forma a lo observado en macronutrientes, las mayores concentraciones de micronutrientes se registraron principalmente en la variedad FRT-07. Estas fluctuaciones pueden ser atribuidas a cambios en el medio ambiente, la disponibilidad hídrica, la especie y variedad de la planta (Sadeghian y Salamanca, 2015).

La disminución en la concentración foliar de micronutrientes es debido a que el requerimiento de éstos por la planta es mayor a su tasa de absorción, lo que produce una dilución de nutrientes en algunos órganos (Meza y Pire, 2008). Sin embargo, las tendencias registradas en los análisis foliares en café, no siempre son concluyentes, lo que puede ser atribuible al hecho de que los nutrientes requeridos por los frutos, los proporcionan principalmente las hojas cercanas a los frutos, las cuales no corresponden a las que se muestran para su análisis químico que regularmente son el tercer o cuarto par de hojas de la rama (Sadeghian y Salamanca, 2015).

Es importante destacar que las concentraciones tanto de macronutrientes como de micronutrientes observados en este estudio están dentro del rango reportado por Dubberstein *et al.* (2016).

## CONCLUSIONES

Tanto el factor variedad como la etapa del cultivo influyen en las variables evaluadas. Durante la etapa vegetativa las hojas de café en la variedad Robmex presentaron las concentraciones más altas de clorofila a y total, y Cu, mientras que en la etapa de floración se observó la mayor área foliar. Las concentraciones más altas de N y P se observaron en FRT-07 durante la fructificación. El K fue más abundante en FRT durante la fase vegetativa. Ca y Mg fueron mayores en FRT durante la floración. Los micronutrientes mostraron un comportamiento similar a los macronutrientes, dado que a excepción del Cu, todos los demás mostraron concentraciones más elevadas en la variedad FRT-07.

## LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz E., Acosta-Gallegos J.A., Ramírez A., Domingo M., Padilla-Ramírez J.S. 2008. Relación entre índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agr. Téc. Méx.* 34: 13-20.
- Alcántar G., Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial Núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo. Estado de México. 156 p.
- Almenares-Garlobo G.R., Pérez-Hernández M.C., Torres-de la Noval W., Varela-Nualles M., Pavón-Rosales M.I. 2015. Characterization of the vegetative development and its relationship with fruiting and production of orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Cult. Trop.* 36: 2 56-61.
- Arcila J., Farfán F., Moreno A., Salazar L.F., Hincapié E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. *Cenicafé* 7: 144-160
- Bremner J. 1965. Total nitrogen. *Agronomy* 9: 1149-1178.
- Dechen A.R., Nachtigall G.R. 2006. Micronutrientes. In: Fernandes, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. pp. 327-354.
- Dubberstein D., Partelli F.L., Dias J.R.M., Espindola, M.C. 2016. Concentration and accumulation of macronutrients in leaf of coffee berries in the Amazon, Brazil. *Austr. J. Crop Sci.* 10: 701-710.

**Cuadro 3.** Concentraciones de micronutrientes por efecto de la interacción variedad  $\times$  etapa fisiológica en hojas de café (*Coffea canephora*) variedad Robmex y FRT-07 durante el ciclo anual del cultivo.

Variedad	Etapa	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		mg kg <sup>-1</sup> PMS				
Robmex	Vegetativa	170.09±0.60 c	47.87±0.50 a	5.89±0.78 f	251.77±0.65 d	32.18±0.76 f
	Floración	124.30±0.95 d	7.90±0.95 e	8.71±0.65 e	243.64±0.53 e	36.05±0.94 e
	Fructificación	111.43±0.96 f	8.32±0.86 d	10.32±0.68 c	158.00±0.69 f	45.21±0.43 d
FRT-07	Vegetativa	283.85±0.79 a	18.75±0.95 b	19.41±0.94 b	296.25±0.76 c	47.72±0.78 c
	Floración	120.62±0.65 e	7.50±0.86 f	22.32±0.96 a	312.84±0.68 b	54.11±0.85 b
	Fructificación	211.42±0.69 b	14.25±0.69 c	9.49±0.45 d	471.63±0.63 a	62.58±0.76 a

Medias  $\pm$  DE con letra distinta en cada columna indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) por etapa del ciclo de cultivo. PMS: Peso de la Materia Seca.

- FIRA. 2015. Panorama Agroalimentario 2015. Café. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61949/Panorama\\_Agroalimentario\\_Caf\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61949/Panorama_Agroalimentario_Caf_2015.pdf)
- Fonseca-García L., Calderón-Jaimes L.S., Rivera M.E. 2014. Capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de santander (Colombia). *Vitae* 21: 228-236.
- Gonçalves de Oliveira J., da Costa Aguiar Alves P.L., Pierre Vitória A. 2009. Alterations in chlorophyll a fluorescence, pigment concentrations and lipid peroxidation to chilling temperature in coffee seedlings. *Environ. Exper. Bot.* 67: 71-76.
- González-Concepción O., Rubio-Pérez A. 2014. Cambio climático y la percepción de los campesinos sobre la variedad café Robusta En la zona de "La Torcaza", Sierra Maestra, Cuba. *Batey: Rev. Cub. Antropol. Sociocult.* 6: 110-119.
- Harborne J.B. 1973. *Phytochemical methods*. London: Chapman and Hall.
- Hernández-Falcón D., Ledea-Lozano O.E., Fernández-García L.A., González-García E. 2015. Validación de un método cromatográfico para la determinación de cafeína en muestras acuosas de la Industria Farmacéutica. *Rev. Cub. Farmac.* 49: 219-231.
- ICO. 2017. International Coffee Organization. Statistics. [http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp?section=Statistics](http://www.ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics)
- Meza N., Pire, R. 2008. Evaluación de la nutrición mineral del nispero (*Manilkara achras* Miller Fosberg) en plantas jóvenes cultivadas en contenedores. *Rev. Fac. Agron.* 25: 496-506.
- Monsalve J., Escobar R., Acevedo M., Sánchez M., Coopman R. 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque* 30: 88-94.
- Montoya-Restrepo E., Hernández-Arrefondo J., Unigarro-Muñoz C., Flórez-Ramos C. 2017. Estimación del área foliar en café variedad Castillo a libre exposición y su relación con la producción. *Cenicafé* 68: 55-61.
- Ramírez V.H., Arcila J., Jaramillo A., Rendón J.R., Cuesta G., Menza H., Sánchez P. 2010. Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica térmica y de brillo solar. *Cenicafé* 61: 132-158
- Reis A. R., Favarin J.L., Gallo L.A., Malavolta E., Morales M.F., Lavres J. 2009. Nitrate reductase and glutamine synthetase activity in coffee leaves during fruit development. *Rev. Brasil. Cien. Solo* 33: 315-324.
- Reyes-Santamaría M.I., Villegas-Monter M.A., Colinas-León M.T., Calderón-Zavala G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia* 34: 49-55.
- Ribeiro B., Mendonça L., Assis G., Mendonça J., Malta M., Montanari F. 2014. Evaluation of the chemical and sensory characteristics of *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabica* L. blends. *Coffee Sci.* 9: 178-186
- Rodríguez-Cabello J., Díaz-Hernández Y., Pérez-González A., Fundora L.R., Rodríguez-Hernández P. 2015. Análisis del crecimiento de un genotipo silvestre de *Carica papaya* L. cultivado *ex situ* y cv. "Maradol Roja". *Cult. Trop.* 36: 96-105.
- Rodríguez-Larramendi L.A., Guevara-Hernández F., Gómez-Castro H., Fonseca-Flores M., Gómez-Castañeda J.C., Pinto-Ruiz R. 2016. Leaf anatomy related to photosynthetic pathway in coffee trees (*Coffea arabica* L., var. *Caturra Rojo*) exposed to different solar radiation levels at Sierra Maestra, Granma, Cuba. *Acta Agron.* 65: 248-254.
- Sadeghian K.S., Mejía M.B., González O.H. 2012. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en los frutos de café. *Cenicafé* 63: 07-18.
- Sadeghian K.S. 2010. Fertilización: Una práctica que determina la producción de los cafetales. *Avan. Téc. Cenicafé* 391: 1-8.
- Sadeghian S., Salamanca A. 2015. Micronutrimentos en frutos y hojas de café. *Avances Cenicafé* 66: 73-87.
- SAGARPA. 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/sagarpa>.
- SAS. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 178 p.
- USDA. 2017. USDA Foreign Agriculture Service. Global Agricultural Information Network. GAIN Report Number: MX7021. Mexico. Coffee Annual. Coffee Production Increase. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Coffee%20Annual\\_Mexico%20City\\_Mexico\\_5-25-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Coffee%20Annual_Mexico%20City_Mexico_5-25-2017.pdf)

