

Dióxido de carbono en fincas cafetaleras del golfo centro de México

Carbon dioxide in coffe farms of central gulf of México

Vicenta Constante-García¹, Julián Cerano-Paredes¹, Miguel Rivera-González¹, Erika Nava-Reyna¹ y Aldo Rafael Martínez-Sifuentes¹

¹ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA), INIFAP. Km. 6.5 margen derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango.

RESUMEN

Se estima que la fijación de dióxido de carbono se verá incrementada en los próximos 60 años debido al aumento en la temperatura. En la actualidad la gran mayoría de las investigaciones se han realizado en áreas y especies forestales. Sin embargo, existen trabajos al respecto que demuestran el gran potencial de la absorción del CO₂ en los sistemas agrícolas-frutícolas. El presente trabajo tiene el objetivo examinar los contenidos de dióxido de carbono en plantas de café ubicadas en la región cafetalera de Veracruz. Para ello, realizó un muestreo sistemático implementando 4 parcelas de forma rectangular, con una superficie de 0.04 ha. El almacenamiento de carbono en las plantas de café se estimó en función de la biomasa vegetal, utilizando modelos alométricos. El dióxido de carbono se calculó tomando en cuenta los pesos moleculares del carbono y del dióxido de carbono. Los resultados de CO₂ por plantas fueron obtenidos en 34 plantas muestreadas, cuya altura promedio fue de 2.09 m, con un diámetro de 3.65 cm tomado a 15 cm del suelo, presentando un promedio de 4.77 ± 0.77 por planta y $28 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Por lo tanto, el presente estudio demuestra que la agricultura puede contribuir a disminuir el CO₂ en el ambiente. Además, los resultados aportan cifras sobre las líneas bases de fijación de CO₂ o carbono almacenado en áreas representativas de la producción cafetalera.

Palabras clave: bióxido, café, carbono

ABSTRACT

It is estimated that carbon dioxide fixation will be increased in the next 60 years due to the increase in temperature. Actually, the majority of research has been carried out in forest areas and species; however, there are studies that demonstrated the huge potential to absorb CO₂ in agricultural fruit-growing systems. The present work aimed to examine carbon dioxide contents in coffee plants located in the coffee region of Veracruz. A systematical sampled was done by implementing 8 plots of rectangular shape, with an area of 0.04 ha. Carbon in coffee plants was estimated in function of vegetal biomass using allometric models. Carbon dioxide was calculated considering molecular weights of carbon and carbon dioxide. Results of CO₂ per plant were obtained in 34 sampled plants, whose average height was 2.09 m, with a diameter, taken 15 cm from the ground, of 3.65 cm, presenting an average of 4.77 ± 0.77 kg per plant and $28 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Therefore, the present study demonstrated that agriculture can contribute to decrease CO₂ in the environment. Furthermore, results provide data of baselines of fixing CO₂ or stored carbon in representative areas of coffee production.

Key words: bióxid, coffe, carbon



INTRODUCCIÓN

En los últimos años la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha presentado un aumento considerable, esto es, de un valor de 280 ppm a 403.3 ppm de dióxido de carbono (OMM, 2017). El aumento en el CO₂ atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal del planeta, absorbiendo las radiaciones que usualmente la tierra emite y que escapan al espacio exterior, ocasionado que la temperatura del globo terráqueo aumente. Este aumento en las temperaturas ha causado cambios climáticos que incluyen tormentas, sequías e inundaciones intensas, derretimiento de los polos con el subsecuente incremento del nivel del mar, deterioro de la salud humana, extinción de especies, entre otros (Doney *et al.*, 2009). Uno de los efectos negativos que implica el cambio climático es el rendimiento de la producción agrícola, debido al aumento en las temperaturas y el cambio en los regímenes pluviales acorta las etapas de crecimiento de los cultivos, el calor acelera la respiración y el desarrollo de la planta, así por ejemplo en los cereales un aumento de 4° C genera una pérdida de 20-30% de la materia seca (Lawlor, 2005). Por otra parte, se

estima que la fijación de dióxido de carbono se verá incrementada en los próximos 60 años debido al aumento en la temperatura, por lo que se espera que la fijación de CO₂ se incremente el 1% por cada °C. En este sentido la mayoría de las investigaciones respecto al secuestro de carbono se han realizado en áreas naturales forestales, sin embargo, el futuro de este reservorio es incierto, a consecuencia justamente del aumento en la frontera agrícola, incendios y deforestación, entre otros (Magaña, 2004). Por otra parte, existen trabajos al respecto que demuestran el gran potencial para la captura de carbono en sistemas agrícolas-frutícolas (Carvajal *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2006; Betancourt *et al.*, 2014). Por lo que es importante saber el CO₂ que cada especie en diferentes latitudes o escenarios que puede llegar a presentar, así como contribuir a conocer las especies con potencial para su captura, o bien, estos datos también pueden aportar al entendimiento del papel que juegan la especie en el balance del carbono. Por lo que, el presente trabajo tiene el objetivo de explorar las cantidades de CO₂ en una de las regiones cafetaleras más importantes de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio forma parte de una de las áreas cafetaleras en la región Xalapa-Coatepec del estado de Veracruz, considerada una de las zonas cafetaleras más importantes del país, dado que el 98,8 % de esta superficie tiene

cafetales con sombra diversificada que contribuyen a conservar la biodiversidad, el paisaje y captura de carbono (Moguel y Toledo, 1999). El área se ubica en el estado de Veracruz dentro del municipio de Emiliano Zapata (Figura 1).



Figura 1. Área muestreada en el municipio de Emiliano Zapata

La temperatura oscila de 20 a 26°C con un rango de precipitación de 900 a 1 300 mm, perteneciente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Las rocas son ígneas pertenecientes al periodo del cuaternario. Edafológicamente los suelos son aluviales, en donde predomina más el Feozem en un 40%, seguido del Vertisol (verteré). En cuanto a la hidrología, ésta forma parte de la cuenca del Papaloapan cubre al 100% el área. Por otra parte, de acuerdo al uso del suelo y vegetación predomina la agricultura en un 55%, en donde el tipo de vegetación natural dominante son los Pastizales representan, seguido de la selva y bosque; en tanto que la zona urbana representa un porcentaje menor (INEGI, 2009).

Muestreo: Se utilizó un muestreo sistemático sobre una plantación de café con una edad de 4 años. El muestre consistió en distribuir cuatro parcelas de forma rectangular con una superficie de 0.04 ha (10* 4 m) dejando una distancia aproximadamente de 50 m entre cada parcela. En la implementación de las parcelas se procuró evitar el efecto de borde, para ello, se dejó una franja entre 10 a 15 m de la orilla del camino hacia el establecimiento de la parcela.

Dentro de cada una de las parcelas se tomaron medidas dasométricas tales como el diámetro y la altura del pecho (DAP = 1.30 m), así como el diámetro a 15 cm del suelo, utilizando para ello una cinta diamétrica. La altura total del árbol fue tomada con una vara graduada y un clinómetro. También se midió la distancia entre los árboles y

entre las hileras, esto con el fin de calcular la densidad poblacional. Para la determinación de biomasa seca se llevó a cabo una revisión bibliográfica para seleccionar una función matemática que permitiera predecir la biomasa partir de las variables dasométricas tomadas en campo, específicamente para la especie *Coffea arabica* (Segura *et al.*, 2006) (Ecuación 1). La función fue seleccionada tomando en cuenta las condiciones climáticas semejantes a las de área de obtención de las muestras, haciendo especial énfasis en las dimensiones del diámetro y altura, las cuales deberían de estar dentro del rango de datos, en el cual se generó la ecuación utilizada para estimar la biomasa en plantas de café.

Los criterios estadísticos que se tomaron en cuenta al momento de seleccionar el modelo fueron un valor alto de R^2 , el cual se define como la porción que explica la variable independiente diámetro o altura, respecto a la variable dependiente o predictora, en nuestro caso la biomasa. Por otra parte, un buen ajuste del modelo implicaría bajo valores de la suma de cuadrados del error, (MSE, por sus siglas en inglés: Mean Squared Error) los cuales representan la diferencia entre los valores observados de la biomasa y los estimados por el modelo; de igual manera se toma en cuenta la suma de cuadrados de la predicción (PRESS por sus siglas en inglés: Prediction Sum of Squares) los cuales toman en cuenta la desviación entre los datos generados por el modelo y los observados (Clutter *et al.*, 1983) (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla parámetros estadísticos arrojados para la ecuación (Ecuación 1) para biomasa *Coffea arabica*

Ecuación	Parámetros			R^2	MSE	PRESS
	a	b	c			
$\text{Log Bt} = a + b * \text{Log}(d_{15}) + c * \text{Log}(h)$	-1.113	1.578	0.5181	0.94	0.02	2.21

Donde: Log Bt: Log de la biomasa total; h: Altura total de la planta; d_{15} : Diámetro a la altura de 15 cm del suelo

En cuanto a la biomasa radicular, la literatura de inventarios de carbono indica que un valor de biomasa radicular varía entre un 10 y 15 % (MacDiken, 1997). Tomando en consideración estas cifras, se indagó en información al respecto, que respaldará un porcentaje

adecuado de raíces reportadas en plantas de café con similares contenidos de biomasa, definiendo así un 20 % respecto a la biomasa aérea obtenida (Pereira y Parrales, 2006).



La determinación de los contenidos de carbono se llevó a cabo a través del Analizador Elemental (LECCO). Para ello se comprobó el peso estable de las diferentes secciones de la planta (la temperatura fue de 62 a 70°C). Posteriormente se prepararon sub-muestras de 2 a 3 mg de peso seco de las diferentes secciones (tallo, hoja, fruto y raíz) el análisis en laboratorio se basa en el método de combustión seca, la cual es un método químico directo de carbono orgánico, utilizando la combustión de la muestra que contiene el carbono, y en donde las muestras son quemadas a alta temperatura cercana de los 1000 °C (Nelson y Sommers, 1996).

$$C_{total} = Bat * CC$$

Donde:

CTotal: Carbono Total (t ha⁻¹)

Bat: Biomasa Aérea total (t ha⁻¹)

CC: Contenido de carbono

La determinación de CO₂ se ha obtenido multiplicando el carbono fijado por cada planta en la parte aérea y subterránea, por su correspondiente densidad de plantación y multiplicado por 3,667. Tomando en cuenta que 1 tonelada de carbono equivale a 3,67 t de CO₂ (obtenido en función de los pesos moleculares del carbono y del CO₂, de 12 / 44) (Rügnitz *et al.* 2009).

RESULTADOS

El área de estudio tuvo una superficie muestreada de 1.43 has, con densidad de 5045 plantas ha⁻¹. Las plantas muestreadas presentaron un porte en altura promedio de 2.09 y un diámetro del tallo tomado a 15 cm del suelo

La finalidad del procedimiento anterior fue de utilizar el promedio de los valores de C pertenecientes al tallo y la hoja (biomasa aérea), así como el de la raíz (biomasa radicular), los cuales provienen de los resultados del análisis químico en laboratorio. En cuanto a la determinación de carbono subterráneo o bajo el suelo se utilizaron los valores obtenidos para raíz. El promedio de cada uno de éstos fue utilizado para calcular el almacenamiento de carbono (Ecuación 2) en las plantas de café (Carvajal *et al.*, 2009; Thennarasu *et al.*, 2014). El cálculo a tonelada por hectárea se realizó tomando en cuenta la densidad poblacional (Betancourt *et al.*, 2014).

(Ec. 2)

con un valor de 3.65 cm. Sobre esta base de datos procedente de 34 plantas de café se emplearon los modelos alométricos para determinar el almacenamiento de biomasa, el carbono y finalmente el dióxido de carbono.

El porcentaje de carbono para la parte aérea tomando en consideración sólo el tallo y la hoja, tuvo un valor de 46.62 %, en tanto que el valor porcentual de la raíz fue de 38.39 %, estos valores fueron utilizado para determinar el almacenamiento de carbono en plantas de café (parte aérea y parte subterránea).

Los contenidos de CO₂ en la planta de café presentaron un rango de 3.11 a 6.30, con un promedio y desviación estándar de 4.77±0.77 kg de dióxido de carbono por planta (Figura 2).

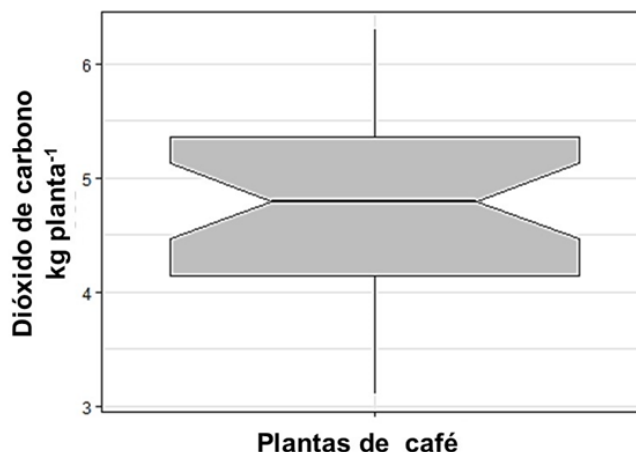


Figura 2. Contenido de dióxido de carbono en la parte aérea de las plantas de café

Tomando en cuenta la densidad de plantas ha^{-1} , así como el porcentaje de carbono de la parte aérea y subterránea, se tiene los estimativos de la cantidad de dióxido de carbono de la parte aérea y bajo suelo) (Tabla 2).

Tabla 2. Carbono y dióxido de carbono en la parte aérea-subterránea ha^{-1} en plantas de café

Fuente	Carbono en t C ha^{-1}	Dióxido de Carbono en t ha^{-1}
Parte aérea	6.56	24.08
Parte de la raíz	1.07	3.96
Total	7.63	28.04

DISCUSIÓN

Un trabajo reportado en plantas de café con edades de 5, 6, 4 y 3 años, obtiene almacenamientos de carbono de 2.41, 1.72, 1.38 y 1.32 t C ha^{-1} (Isminio, 2006). Por otra lado, estudios realizados en México indican que los almacenadas de carbono en plantas de café dependen principalmente de la densidad, las edades de las especies, tipo de suelo, condiciones climáticas, altitud, el manejo agrícola y el uso anterior de la tierra, de igual manera afirman que el carbono acumulado en los cafetos no supera las 10 t/ha , en especial para las especies arábicas, con densidades de 4000 a 5000 cafetos/ha, cuyo valor de carbono y densidad es muy similares a las encontradas en el presente trabajo (Ecosur, 2002).

Tomando en cuenta que se tienen un total de 28.04 t CO_2 , con una edad de 4 años, se tendría

un crecimiento anual de 7.01 $\text{t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. De acuerdo a los resultados encontrados en el presente trabajo, las cifras están por debajo de las reportadas para cultivos de la región Aaragónense en España, en donde arbolado frutícola de la región (Manzano, Peral, Albaricoquero, Cerezo, Melocotonero, Cierueo y Almendro) presenta valores entre 21.05 a 27.27 $\text{t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Espada, 2013), los cuales al ser comparados con los obtenidos en el presente trabajo son concordantes con el valor obtenido en las plantas de café (7.01 $\text{t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), tomando en cuenta que el café mantiene un porte menor a los árboles reportados.

Las plantas de café con una altura promedio de 2.09 y un diámetro del tallo tomado a 15 cm del suelo con un valor de 3.65 cm representan una captura de 28.04 $\text{t de CO}_2 \text{ ha}^{-1}$ tomando en cuenta la parte área y radicular, los cuales

presenta un crecimiento anual de 7.01 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹. Las plantas individualmente presentaron un rango entre 3.11 y 6.30 kg de CO₂, con un promedio de 4.77 kg por planta. Los resultados obtenidos muestran que la agricultura puede llegar a contribuir a disminuir el CO₂ en el

ambiente. Además, los resultados aportan cifras sobre las líneas bases de fijación de CO₂ o carbono almacenado en áreas representativas de la producción cafetalera del territorio mexicano.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) dentro

del proyecto titulado "Impacto de la Aplicación de Biofertilizantes en el Secuestro de Carbono y el Estado de la Materia Orgánica del Suelo".

LITERATURA CITADA

- Betancourt, M., Reyes, N., Vázquez, D., Dufo, M. D., García, M. E., and Álvarez, A. 2014. First Quantitative Estimates of Carbon Retention by Citrus Groves under Cuba's Conditions. *American Journal of Climate Change*, 3(02):130.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M. y Martínez-Ballesta, M. C. 2009. Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Murcia, Spain.
- Doney, S.C., Fabry, V.J., Feely, R.A. and Kleypas, J.A 2009. Ocean acidification: the other CO₂ problem. *The Annual Review of Marine Science*. 1: 169-192.
- ECOSUR. 2002. "Proyecto Piloto Internacional para la Captura de Carbono y Desarrollo Silvicultura! Comunitario en Chiapas - México" México D.F. 5 p. <http://www.ecosur.mx/scolel/cc.htm>.
- Espada, J. L. 2013. Los árboles frutales como sumideros de CO₂ desempeñan un importante servicio ambiental. *Informaciones Técnicas*, (248).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica de los Estados Unidos Mexicanos. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave. <http://www.inegi.org.mx/>.
- Isminio R. M. A. 2006. Estimación del carbono en la biomasa aérea del café (*coffea arabica* var. Catimor) bajo sombra de guaba (*inga edulis*) en la provincia de Lamas-Perú. Universidad Nacional de San Martin Tarapoto. Facultad de Ciencias Agrarias Departamento Académico Agrosilvo Pastoril Área De Suelos y Cultivo. Tarapoto, Perú. 55 p.
- Lawlor, D. W. 2005. Plant responses to climate change: impacts and adaptation. *Plant Responses to Air Pollution and Global Change*, 81–88.doi:10.1007/4-431-31014-2_10
- MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Winrock International. 87p.
- Nelson, D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D.L., et al. (Eds.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods*, SSSA Book Series No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. pp. 961-1010.
- OMM 2017. Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2016. Boletín de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) sobre los gases de efecto invernadero. Tokio, Japón. ISSN 2078-0818



- Pereira Chavarria, E. J. y Parrales R.C.D. 2006. Evaluación de tres sistemas de manejo agronómico sobre el crecimiento, estructura productiva, acumulación de biomasa, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica* L.) vr. Tesis Doctoral dissertation. Universidad Nacional Agraria (UNA). Costa Rica 95p.
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., y Porro, R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales-- Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/Consortio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú.
- Segura, M., Kanninen, M. y Suárez, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems*, 68(2), 143-150.
- Suarez, 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en Comaraca Yassica, Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 117p.
- Thennarasu, A., Sivakumar, T., Meenakshisundaram, S., Sankaran, V. M., and Vanan, T. T. 2014. Carbon Sequestration Potential of Fodder Maize (*Zea Mays* L.) Influenced by Manure Treatment Techniques. In International Conference on Food, Agriculture and Biology (FAB-2014) Kuala Lumpur, Malaysia. (Vol. 10).