

Almacenes de carbono en cafetos del golfo centro de México

Carbon stocks in coffee trees of central gulf of México

Vicenta Constante García, María Del Rosario Jacobo Salcedo, Sandra Patricia Maciel Torres² y Erika Nava Reyna¹

¹INIFAP, CENID-RASPA Km 6.5 margen derecha del canal Sacramento C.P. 35140 Gómez Palacio, Durango.

²Campo Experimental General Terán, Km 31 Carretera Montemorelos – China Exhacienda las Anucas, C.P. 67400.

RESUMEN

Los sistemas agroforestales poseen un gran potencial para el secuestro de carbono. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en determinar el almacenamiento de carbono en los cafetales del municipio de Emiliana Zapata, Veracruz. Para ello se establecieron 8 parcelas de 0.04 ha dentro de una superficie total de aproximadamente de 2 ha pobladas de cafetales. Dentro de cada parcela se tomaron variables dasométricas como la altura y el diámetro con el propósito de determinar la biomasa utilizando modelos alométricos. En cada parcela se seleccionó una planta para la toma de cada una de las estructuras de las plantas de café (tallo, hoja, raíz) para analizar los contenidos de carbono. Los resultados indicaron que las plantas de café presentan un 47 % de carbono en su parte aérea y radicular. Por otra parte, el estudio demostró con claridad que los cafetos con una altura promedio de 2.0 m y 3.8 cm de diámetro, ostentan en promedio 2.8 kg de biomasa planta⁻¹, aunque se llegaron a presentar plantas de hasta 3.7 kg, en donde el promedio de almacenamiento de carbono fue de 1.32 kg C planta⁻¹. De tal manera que, tomando en cuenta la densidad poblacional, se obtuvo un almacén de 7.3 ton C ha⁻¹, en donde el 20 % de este valor pertenece a la raíz.

Palabras clave: Carbono, biomasa y cafetos

ABSTRACT

Agroforestry systems have a huge potential for carbon sequestration. Therefore, the objective of the present work was to determinate carbon stock in coffee trees in Emiliano Zapata, Veracruz. Eight plots of 0.04 ha were established within a total area of approximately 2 ha of coffee trees. Within each plot, dasometric variables, such as height and diameter, will be taken in order to determine biomass through allometric models. A plant was selected in all plots to take samples of each one of structures of coffee plants (stem, leaf, root) to analyze carbon contents. Results indicated that coffee plants contain 47% of carbon in aerial and root parts. On the other hand, this study clearly demonstrated that coffee trees with average height of 2 m and a diameter of 3.8 cm, have an average of 2.8 kg of biomass per plant, although plants of 3.7 kg were also present, with an average of carbon content of 1.32 kg C plant⁻¹. Therefore, according with population density, a warehouse of 7.3 ton C ha⁻¹ was obtained, where 20% of this value belongs to the root.

Key words: Carbon, biomass and cafetos

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la agricultura es responsable de cerca del 14% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), cuyo valor es similar al originado por el sector del transporte y representan la cuarta causa de emisiones de GEI (Montzka et al., 2011). Sin embargo, este porcentaje no incluye las emisiones indirectas de la agricultura, por lo que éste porcentaje podría representar un valor mayor al reportado. Por otra parte, las deforestaciones en todo el mundo a causa de la expansión agrícola oscilan de un 70 % a un 90 % (Hosonuma et al., 2012). Esta cifra, resulta alarmante tomando en cuenta que el suelo desprovisto de vegetación, presentan pérdidas de carbono de hasta el 50 % debido a la mineralización de materia orgánica (Chang, 2008). Todo esto nos permite mostrar el gran impacto de la agricultura en las emisiones de CO₂, contribuyendo de esta forma al aumento de este gas en el ambiente, el cual permanece activo en la atmósfera durante largo periodo de tiempo. Así, por ejemplo, el 50% de CO₂ emitido a la atmósfera tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% durará varios miles de años, además de ser el mayor contribuyente en términos de cantidad y tasa de aumento (Butler y Montzka, 2019).

No obstante, es innegable el papel de la agricultura, la cual proyecta alimentar hasta 9, 000 millones de personas para el año 2050 (FAO, 2016). Por esto es importante ver la potencialidad de la captura de (C) dentro de las mismas, esto es, la agricultura como tal opera como un sumidero de carbono C, gracias a la función vital de la fotosíntesis propia de las plantas (Maqueda et al., 2005). Así, los sistemas agroforestales y agroecológicos representan a través de sus diversas formas de arbolado

asociado a cultivos agrícolas una fortaleza para la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza y la captación de carbono (Dixon et al., 1994; Brown et al., 1993; FAO, 2016). En este sentido los agroecosistemas como los cafetales representan un papel importante en la captura de carbono (Pineda et al., 2005; Dossa et al., 2008) ya que forman parte del balance del mismo, entendiendo a éste balance como la diferencia entre la cantidad de carbono que se mantiene como reservorio vegetal, y la que se genera por respiración de la misma planta, o bien, por el desprendimiento y descomposición de las partes aéreas, definido así la fijación neta de carbono por planta (Montero et al., 2005).

Por otra parte, a nivel mundial el café es uno de los cultivos que ha tenido un auge en las últimas décadas, tan solo para el periodo 1980 al 2014 la producción mundial de café creció en un 73 % (CEDRSSA, 2014), para el lapso de tiempo del 2014 al 2018 continua el incremento en la producción, en donde los principales países productores son Brasil, Vietnam, Centro América incluido México y Colombia (USDA, 2019).

Dentro del territorio mexicano este cultivo se presenta en una zona con una alta complejidad de hábitats que contribuyen a conservar la biodiversidad, el paisaje recreativo, así como la captura de carbono (Moguel y Toledo, 1999). En la actualidad el café es un cultivo estratégico para México; la producción del mismo emplea a más de 5,000,000 de productores de 14 entidades federativas y 480 municipios (SAGRPA, 2017).

En este sentido, las especies de tipo arbóreas leñosas con un alto valor agrícola y por ende un alto valor económico, con potencial de captura de carbono deben ser exploradas con la finalidad de determinar su potencialidad. Por lo que, el presente trabajo, tiene como objetivo determinar los contenidos de carbono en plantas de café en fincas cafetaleras del estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó sobre las plantaciones de café ubicadas en la localidad “La

Estanzuela”, dentro del municipio de Emiliano Zapata, Veracruz (Figura 1).

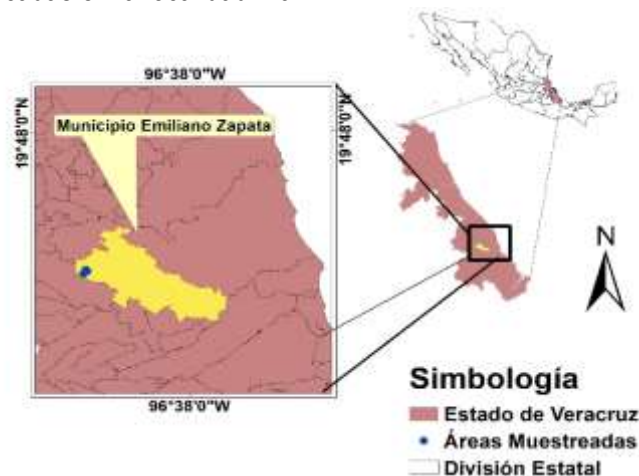


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el estado de Veracruz

La temperatura para Emiliano Zapata varía de 20 a 26°C, con un rango de precipitación de 900 a 1 300 mm., el área perteneciente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (44%). Las rocas son ígneas pertenecientes al periodo del cuaternario en un 83 %. Edafológicamente los suelos son aluviales, en donde predomina más el Feozem en un 40 %, seguido del Vertisol (verteré) y el Leptosol (suelos extremadamente jóvenes y delgados, muy pedregosos). En cuanto a la hidrología, la cuenca del Papaloapan cubre al 100% el área, ubicado en la subcuenta R. Jamapa. En el 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 menos (INEGI, 2009).

Para la determinación de carbono, se utilizó un método no destructivo que consiste en emplear ecuaciones que permitan relacionar algunas variables dasométricas obtenidas en campo de fácil medición, con la biomasa total de la planta (Rügnitz et al., 2009).

La parte sistemática del muestreo consistió en distribuir 8 parcelas en una superficie

aproximadamente de dos hectáreas de superficie cafetalera. Las ocho parcelas establecidas presentaron una forma rectangular con una distancia entre ellas de 50 a 55 m., la superficie fue de cada parcela fue de 0.04 ha (10* 4 m). 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 tomó una serie de medidas dasométricas. Las medidas dasométricas consistieron en medir el diámetro a una altura del 15 cm del suelo, utilizando una cinta diamétrica. La altura total de las plantas de café fue tomada con un clinómetro y una regla o varilla graduada. También se midió la distancia entre las plantas y entre las hileras, esto con el fin de calcular la densidad poblacional.

Asimismo, las muestras recolectadas para la determinación carbono fueron tomadas de un árbol dentro de cada una de las 8 parcelas establecidas para el muestreo. La recolección de la hoja, tallo y raíz, esta toma de muestras se realizó de forma aleatoria dentro de un mismo árbol. La finalidad de esta actividad consistió en determinar los porcentajes de carbono en la sección aérea de las plantas de café.

La ecuación alométrica (Ecuación 1) para determinar la biomasa en plantas de café (*Coffea arabica*) fue la publicada por Segura *et al.* (2006), la cual se describe para un clima húmedo subtropical con precipitación anual entre 600 - 2000 mm por año con una temperatura

entre 23 y 35°C (Holdridge 1996). La selección de este modelo radicó en utilizar dos variables como la altura y el diámetro, situación que lo vuelve más preciso al momento de determinar la biomasa. Los valores de los estadísticos para la selección de modelo fueron la R^2 (0.94); MSE (0.02) y PRESS (2.21) (Segura *et al.* 2006).

$$\text{Log}_{10} \text{BT} = a(-1.11) + b(1.58) * \text{Log}(d_{15}) + c(0.52) * \text{Log}(h) \quad (\text{Ec. 1})$$

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

a, b, c: Coeficiente de la ecuación

La determinación de raíces se estimó de acuerdo a MacDiken (1997), el cual indica que, que se pueden emplear valores conservadores entre 0.10 a 0.15 % para la determinación de las raíces. Por lo que se eligió un porcentaje de un 20 % de respecto a la biomasa aérea total. Tomando en consideración un trabajo en donde se utilizó el método destructivo, para determinar la cantidad de biomasa acumulada en los diferentes componentes de la planta de café, el cual muestra con claridad que la biomasa de la raíz en plantas de café de 4 años de edad, representan un 20 % de la biomasa aérea total (Pereira y Parrales, 2006).

El procedimiento para el contenido de carbono en las diferentes secciones de la planta se realizó a través de un análisis químico utilizando un analizador elemental de marca LECCO. El método químico se llevó a cabo a través del método de combustión seca, en donde la $C_{\text{total}} = B_{\text{at}} * CC$

Donde:

C_{Total} : Carbono Total (t ha^{-1})

B_{at} : Biomasa Aérea total (t ha^{-1})

CC: Contenido de carbono

RESULTADOS

El área presenta una densidad poblacional de 5045 plantas ha^{-1} . Las plantas presentaron una edad de 4 años, en donde se muestreó y evaluó únicamente las plantas de café.

De acuerdo a las mediciones realizadas en campo, la altura de las plantas de café oscila

determinación fue basada en la combustión del material que contiene el carbono, para ello, se utilizaron muestras de cada órgano de la planta, las cuales fueron expuestas a altas temperatura cercana a los 1000 °C) (Nelson y Sommers, 1996).

La preparación de la muestra consistió en determinar el peso estable de los diferentes órganos de la planta a una temperatura entre 62 a 70°C. Posteriormente, se prepararon submuestras de 2 a 3 mg de peso seco de las secciones del tallo, hoja (carbono aéreo) y raíz (carbono radicular) (Carvajal *et al.*, 2009).

El almacenamiento de carbono para cada sección de la planta fue estimado utilizando la siguiente fórmula (Ecuación 2). La densidad poblacional se utilizó para calcular el almacenamiento de carbono por hectárea.

(Ec. 2)

entre 1.24 a 2.60 m, presentando un promedio y desviación de 2.05 ± 0.34 . El diámetro de los tallos tomado a 15 cm del suelo fluctuó de 2.0 a 5.40 cm presentando un promedio y desviación estándar de 3.88 ± 0.84 cm.

La biomasa aérea estimada para el área arrojada en kg planta^{-1} , contó con un número de

muestras de 72 árboles, cuyos datos se encuentran en un rango de biomasa entre 1.82 a 3.77 kg planta⁻¹, con un promedio y desviación estándar de 2.83 ± 0.46 kg planta⁻¹. El carbono

por su parte, redondo entre 0.85 y 1.76 kg planta⁻¹, en donde se obtuvo un promedio y desviación estándar de 1.32±0.2 kg planta⁻¹ (Figura 2).

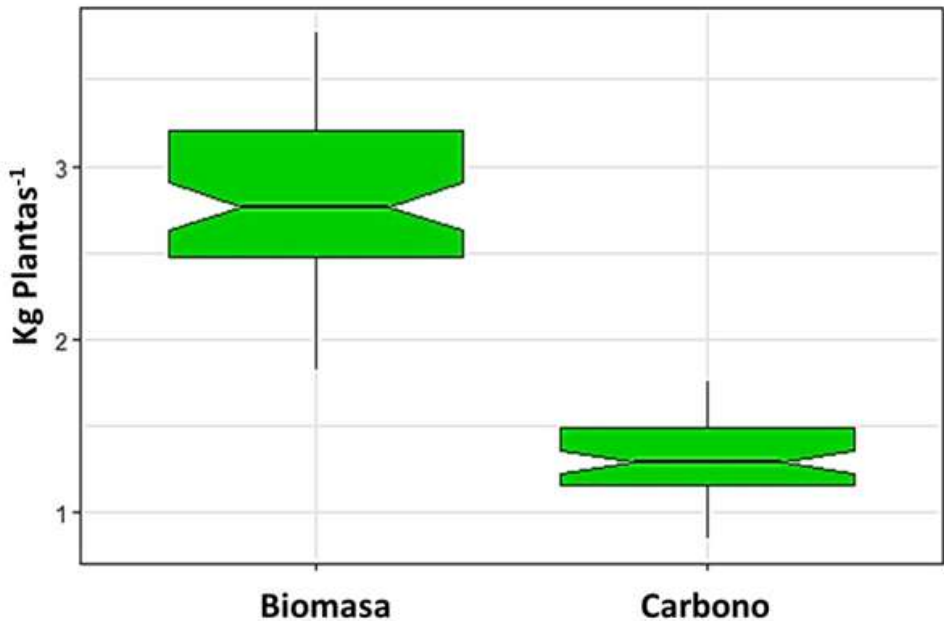


Figura 2. Biomasa y almacenamiento de carbono en plantas de café

La determinación de la biomasa radicular fue estimada en base al 20 % de la biomasa aérea total en toneladas por hectárea. El porcentaje de carbono (obtenidos del análisis químico) para la parte aérea de las ambas parcelas, tomando en consideración sólo el tallo

y la hoja se obtuvo un promedio de 0.47, en la parte radicular se obtuvo un promedio de 0.43. Tomando en cuenta la densidad de plantas ha⁻¹, el porcentaje de carbono de la parte aérea, y radicular se tiene los siguientes resultados (Tabla 1).

Tabla 1. Carbono y biomasa (aérea-subterránea) en hectáreas

Fuente	Biomasa viva t ha ⁻¹	Carbono en t C ha ⁻¹
Biomasa aérea	14.27	6.70
Biomasa raíz	1.33	0.625
Biomasa total	15.6	7.33

DISCUSIÓN

Resultados arrojados por Alpizar *et al.* (1985) en plantas de café, presentan un valor de 7.9 t ha⁻¹ de biomasa aérea, cuando ésta es asociada a la especie laurel (*Cordia alliodora*), sin embargo,

cuando se asocia a *Porò gigantae* (*Erytina poeppigiana*) presenta un valor de 15.3 t ha⁻¹. La variación entre los sistemas de café en específico, puede ser atribuida tanto a la densidad poblacional, como por variación en la

cantidad de sombra dada a los cultivos (Suarez 2002). En el presente trabajo, se presenta un valor promedio de 14.27 toneladas de biomasa aérea ha^{-1} , muy cercano al reportado por el estudio en confrontación, sin embargo, los resultados presentes se basan únicamente en plantas de café. Hablando específicamente de la biomasa por planta, un análisis destructivo realizado sobre una plantación de café, reporta valores en kg planta^{-1} de 4.06 (plantas bajo sombra y un fertilizante), 3.18 (plantas a pleno sol y fertilizante) y 2.418 (café bajo sombra sin biofertilizante), esto, con una densidad de 5000 plantas por hectárea a una edad de 4 años (Pereira y Parrales, 2006), resultados totalmente concordantes en el estudio actual. Quizá una de mejores pruebas de resultados concordantes, es que, el autor que genera los modelos empleados en este trabajo, indica que las plantas de café seleccionadas para la construcción de dicho modelo variaron entre 0.3 - 3.3 m de altura; respecto al diámetro tomado a 15 cm del suelo, estos fueron de 0.3 - 7.4 cm, cuyas dimensiones se encuentran dentro del promedio dado para las variables diámetro y altura encontradas en este estudio. Un trabajo realizado sobre carbono en bosques mixtos e irregulares de roble y pino, bajo tres escenarios, muestran un potencial de mitigación posterior a 20 años con valores de 8.20 a 19.30 t C ha^{-1} , para el escenario de conservación de los robles, la cifra más baja después de 20 años, resultaron ser muy cercanas a las encontradas para café. Para los trópicos se han encontrado valores medios de captura de C de hasta 60 t ha^{-1} para América y Asia, así como 30 para África (Houghton et al, 1991), las cifras mayores han sido calculadas por Kursten y Burschel (1993) para América Central, con valores promedio de 3 a 25 t C ha^{-1} , encontrándose valores de hasta 60 t ha^{-1} , esto

hablando de especies nativas, sin embargo, es importante hacer notar que los valores obtenidos en el presente trabajo, se encuentran en el rango dado para los trópicos. La presente cuantificación de carbono en los cafetos de Veracruz, presenta con dificultades valores de 7 t C ha^{-1} , sin embargo, el cultivo de café con sombra, como es el caso, presenta especies nativas de gran porte, las cuales no fueron cuantificadas en este estudio. De acuerdo con Segura *et al* (2004) estas especies nativas podrían llegar a presentar hasta más de 600 kg árbol^{-1} , por lo que, los sistemas agroforestales como los cafetales de sombra, podrían llegar a almacenar más cantidad de carbono a los reportados en el presente estudio.

En cuanto a los contenidos de la biomasa de raíz, se tiene que, dentro de los ambientes tropicales, la biomasa de raíces tiene un amplio rango de variación que oscila del 3 al 49 % respecto a la biomasa aérea, aunque se podrían emplear valores conservadores entre el 10 y el 15 % (MacDiken 1997), en el trabajo que nos ocupa, se estimó un 20 % de carbono en la parte radicular de acuerdo a estudios previos. Lo anterior deja en claro el aporte que pueden llegar a ofrecer los cultivos frutícolas de manera permanente, sin tomar en cuenta las especies de sombra que generalmente las acompañan, lo cual puede aumentar su valor en términos de captura de carbono.

AGRADECIMIENTOS

Para la generación de la información contenida en el presente documento y su publicación, se agradece el apoyo otorgado a través del proyecto titulado "Impacto de la Aplicación de Biofertilizantes en el Secuestro de Carbono y el Estado de la Materia Orgánica del Suelo" financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

LITERATURA CITADA

- Alpizar, L., Fassbender, H.W y Heuveldop J. 1985. Sistemas Agroforestales de café (coffee arabica) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Porò (*Erythra poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. In Biomasa y reservas nutritivas. Departamento de Recursos Naturales. Renovables, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 14p.
- Avendaño H.D., M. Acosta M., F. Carrillo A. y Etchevers B. J. 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de Abies religiosa. *Fitotecnica Mexicana*. 32 (3): 233-238.
- Brown S., C. Hall, W. Knave, J. Raich, M. Trexler y P. Woomer. 1993. Tropical forest: their past, present and potential future role in the terrestrial carbon budget. *Water, Air and Soil Pollution* 70:71-94.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner G. A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1), 1-11.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz-López, C., Iglesias, M. y Martínez-B. M. C. (2009). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*: Murcia, Spain.
- CEDRSSA. 2014. Producción y mercado de café en el mundo y en México. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). Reporte del CEDRSSA. Noviembre de 2014. Recuperado de: www.cedrssa.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=2756&idurl=4576. Consultado en febrero de 2019.
- Cielsa, W. 1996. Cambios climáticos, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Roma, Italia, FAO. 146 p.
- Dixon, R. K., J. Winjum., K. Andrasko, J. Lee y P. Schroeder. 1994. Integrated systems: assessment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration. *Climate Change* 30: 1-23.
- Dossa E.L, Fernands ECM, Reid WS, Ezui K. 2008. Above- and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grown and a shaded coffee plantation. *Agroforest Syst* 72:103–115.
- Holdridge LR. 1996. Ecología basada en zonas de vida. IICA. Colección Libros y Materiales Educativos No. 83. San José. 216 p.
- Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., Verchot, L., Angelsen, A., and Romijn E. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters*, 7(4):12.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Emiliano Zapata, Veracruz de Ignacio de la Llave Clave geoestadística 30065.
- MacDicken, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Winrock International. 87.p.
- Moguel, P., V.M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:1-12.
- Pereira Chavarría, 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. Costa Rica 95 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Pineda-López, M., Ortiz-Ceballos, G., y Sánchez-Velásquez, L. R. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques*, 11(2), 3-14.
- Rügnitz, M. T., Chacón, M. L. y Porro R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 1. ed. Lima, Perú. 79 p.
- SAGARPA. 2017. Planeación Agrícola nacional 2017-2030: Café Mexicano.
- 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).
- United States Department of Agriculture (USDA). 20019. Coffee: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. 2019/20 Forecast Overview. Consultado en julio 2019.
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>