

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 1 de 11

16.

FECHA	lunes, 11 de diciembre de 2023
--------------	--------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Facatativá

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
FONSECA INFANTE	MELANIE	1000518857

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
TAPIAS DUARTE	JUAN CARLOS

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 2 de 11

TÍTULO DEL DOCUMENTO

CARBONO RETENIDO POR EL AGROECOSISTEMA DE LA FINCA TABURETE DEL MUNICIPIO CAMAGÜEY, CUBA.

SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

27/11/2023

NÚMERO DE PÁGINAS

22


DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. CARBONO	CARBON
2. RETENCIÓN	RETENTION
3. AGROECOLOGÍA	AGROECOLOGY
4. REMOCIÓN CO ₂	CO ₂ REMOVAL
5. CALENTAMIENTO GLOBAL	GLOBAL WARMING
6. GASES DE EFECTO INVERNADERO	GREENHOUSE GASES

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

Abad-Auquilla, K. (2020). El cambio de uso del suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. Revista de Ciencias Ambientales, 54(2), 68-91.

Agricultura Y Desarrollo Rural, S. (2022, 17 septiembre). Almacenamiento de carbono en suelos permite mitigar efectos del cambio climático y la adaptación en las cosechas: agricultura. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/almacenamiento-de-carbono-en-suelos-permite-mitigar-efectos-del-cambio-climatico-y-la-adaptacion-en-las-cosechas->

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 3 de 11

agricultura?idiom=es#:~:text=Estudios%20recientes%20destacan%20la%20importancia,a daptaci%C3%B3n%20ante%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.

Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., Gimeno, B.S., 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: a meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>.

Almagro, M., de Vente, J., Boix-Fayos, C., García-Franco, N., Melgares de Aguilar, J., Gonzalez, D., Solé-Benet, A., Martínez-Mena, M., 2016. Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9535-2>.

Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., Ibañez, B., Maraño, T., 2016. Evaluation of forest ecosystem services in Mediterranean areas. A regional case study in South Spain. *Ecosyst. Serv.* 20, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.002>.

Aranda-Barranco, S., Serrano-Ortiz, P., Kowalski, A. S., & Sánchez-Cañete, E. P. (2023). The temporary effect of weed-cover maintenance on transpiration and carbon assimilation of olive trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 329, 109266.

Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M. y Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas* 8(30): 32–35.

Bavera, G. A. (21 de 12 de 2018). Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de Repositorio Digital de Acceso Abierto: <https://www.produccion-animal.com.ar/>

Berra, G., & Finster, L. (2002). Influencia de la ganadería argentina. Emisión de gases de efecto invernadero. *Revista Idia XXI*, 2(2), 212-216.

Berra, G., & Finster, L. (2002). Influencia de la ganadería argentina. Emisión de gases de efecto invernadero. *Revista Idia XXI*, 2(2), 212-216.

Cantú Silva, I., & Yáñez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(45), 122-151.

Food and Agriculture Organisation, FAO, 2022. El Estado De Los Bosques Del Mundo 2022. Vías forestales Hacia La Recuperación: Verde y La Creación De Economías inclusivas, Resilientes y Sostenibles. FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>.

Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático.


Fuentes Molina, N., Rodríguez Barrios, J., & Ilenia León, S. (2018). Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 115-123. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342>

Herraiz, A. D., Salazar-Zarzosa, P. C., Mesas, F. J., Arenas-Castro, S., Ruiz-Benito, P., & Villar, R. (2023). Modelling aboveground biomass and productivity and the impact of climate change in Mediterranean forests of South Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 337, 109498.

Hernández Núñez, H. E., Andrade, H., Suárez Salazar, J. C., Sánchez, J., Gutiérrez, D., & Gutiérrez García, G. A. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 252-368.

Inocente, M. Á. M., Luna, J. A. N., Bretado, M. Á. E., Cobos, F. C., Hernández, F. J., & Vargas-Larreta, B. (2020). Carbono retenido en biomasa y suelo en bosques de El Salto, Durango, México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (80), 5-13.

IPCC: Resumen Técnico. 2004. Climate change. Spatial report on emissions scenarios. Intergovernmental panel on climate change (IPCC). Disponible en: <http://grida.no/climate/ipcc>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 4 de 11

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (R.K. Pachauri y L.A. Meyers, Eds.). IPCC, Ginebra, Suiza.

Lima, J. A., Mesa, Y. M., & del Pozo Rodríguez, P. P. (2020). Sostenibilidad energética en el manejo agroecológico de sistemas lecheros en Cuba. Anuario Ciencia en la UNAH, 18(3).

López, J. L. R., Proaño, E. A. O., & Avila, E. J. C. (2019). Almacenamiento de carbono en plantaciones de Juglans neotropica Diels, con y sin asocio de Coffea arabica L. Revista Ciencia y Tecnología, 12(2), 73-80.

Ma, T., Dai, G., Zhu, S., Chen, D., Chen, L., et al. (2019). Distribution and preservation of carbon components derived from roots and shoots in soils in the grasslands of China and Mongolia. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 124(2), 420-431.

Mercadet, Alicia. y Álvares, A. 2005. Metodología para el cálculo de Carbono. Informe final del subproyecto 11.25.03, del informe final del proyecto "Cambio Climático y el Sector Forestal Cubano": segunda aproximación.

Molina-Murillo, S. A., Barrientos, G., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madriz, M., ... & Valdés, S. (2017). ¿Son las fincas agroecológicas resilientes? Algunos resultados utilizando la herramienta SHARP-FAO en Costa Rica. Ingeniería, 27(2), 25-39.

Morales-Hernández, J., Carrillo-González, F., Farfán-Molina, L., y Cornejo-López, V. (Junio, 2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. Caudasia, 38(1), 17-29.

Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science 333 (6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>.

Prado, J. A. 2015. Plantaciones Forestales, más allá de los árboles. Colegio de Ingenieros Forestales. Santiago de Chile, Chile. 166 p.

Regil-García, H. H., Franco-Maass, S., Endara-Agramont, A. R., Flamenco-Sandoval, A. F., Espinoza-Maya, A., Calderón-Contreras, R., & Pérez-Vega, B. A. (2020). Procesos de pérdida y recuperación del contenido de carbono en biomasa aérea en las zonas forestales del área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca en el periodo 2000-2013. Revista Geográfica de América Central, (64), 181-211.

Reyes-Carrera, S. A., Méndez-González, J., Nájera-Luna, J. A., & Cerano-Paredes, J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de Pinus cembroides Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 19(1), 147-155.


Reyes Pozo, J. L., León Sánchez, M. A., & Herrero Echeverría, G. (2019). Influencia de la fertilización mineral sobre la retención de carbono en una plantación de pino. Revista mexicana de ciencias forestales, 10(51), 4-22.

Salmón, Y., Funes-Monzote, F. R., & Martín, O. M. (2012). Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica "Las Palmitas" del municipio Las Tunas. Pastos y Forrajes, 35(3), 321-332.

Senra, A. Y Venereo, a. (1986). Métodos de muestreo. En: Los pastos en Cuba. (tomo 1). La Habana, Cuba: EDICA.

Shryock, B., K. Littke, M. Ciol, D. Briggs and R. Harrison. 2014. The effects of urea fertilization on carbon sequestration in Douglas-fir plantations of the coastal Pacific Northwest. Forest Ecology and Management 318:341-348.

Smaill, S. J., P. Clinton and L. Greenfield. 2008. Nitrogen fertiliser effects on litter fall, FH layer and mineral soil characteristics in New Zealand Pinus radiata plantations. Forest Ecology and Management 256(4): 564-569.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 11

Solano, M., Ramón, P., Burneo, J. I., Quichimbo, P., & Jiménez, L. (2018). Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo en un matorral seco en Ecuador. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 27(3), 116-122.

Soto, S.: Evaluación de la integración de cultivos de ciclo corto durante el establecimiento de áreas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para contribuir a la sostenibilidad en fincas ganaderas. Artículo en revisión, Camaguey, Cuba. 2004. En sitio web: <http://www.reduc.edu.cu/147/04/1/14704104.pdf>

Soussana, J., Tallec, T. y Blanford, V. (2010). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4 (3), 334-350. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990784>

Wu, T., Tissue, D. T., Su, W., Li, X., Yang, S., Liu, X., ... & Liu, J. (2023). Long-term field translocation differentially affects arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal trees in a subtropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109724.

Wu, T., Tissue, D. T., Su, W., Li, X., Yang, S., Liu, X., ... & Liu, J. (2023). Long-term field translocation differentially affects arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal trees in a subtropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109724.

Yong, P. y Zengyuan, L. 2015. Forest aboveground carbon mapping using multiple source remote sensing data in the Greater Mekong Subregion. 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS): 2035.

Zimmermann, M., Miles R. Silman, P. M., Fedders, A., Gibbon, A., et al. (2010). No hay diferencias en las reservas de carbono del suelo a lo largo de la línea de árboles en los Andes peruanos. *Ecosystems*, 13, 62-74.


RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Se ha descubierto que las fincas que establecen sistemas de producción agroecológica pueden mejorar la salud del suelo gracias a sus múltiples procesos biológicos, es el caso de la finca Taburete del municipio Camagüey en Cuba donde se realizaron análisis de captura de carbono (C) realizados por especies arbóreas, pastos, hojarasca y suelo ubicados en una zona caracterizada por un clima tropical de bosque húmedo y sabana con tiempo seco húmedo, también se estimó el CO₂ removido de la atmósfera por los árboles de la finca. Para la estimación de C retenido por los árboles se tomó la metodología propuesta por Mercadet y Álvarez (2005) quienes contrastan datos de volumen y biomasa del fuste del árbol y raíz con cálculos de C retenido en sus estructuras para establecer el C almacenado y transformado en biomasa por estas especies. En el caso del C retenido por los pastos y la hojarasca se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Haydock y Shaw (1975) en concordancia con lo propuesto por Senra y Venereo (1986), finalmente para el cálculo de C retenido en suelo se tienen en cuenta los niveles de Materia Orgánica del Suelo (MOS) y la densidad aparente. Resulta interesante observar el trabajo de retención de C realizado por los 67 individuos de árboles identificados que logran retener 3,8612 t de C/ha y remover 6,7710 t de C de la atmósfera, además de la biomasa generada por las demás especies presentes en la finca Taburete.

It has been discovered that farms that establish agroecological production systems can improve soil health. This is the case of the Taburete farm in the municipality of Camagüey in

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 6 de 11


Cuba, where carbon (C) capture analyzes were carried out by tree species, grasses, and leaf litter. and soil located in an area characterized by a tropical climate of humid forest and savannah with dry humid weather, the CO₂ removed from the atmosphere by the trees on the farm was also estimated. To estimate the C retained by the trees, the methodology proposed by Mercadet and Álvarez (2005) was used, who contrast data on volume and biomass of the tree trunk and root with calculations of C retained in their structures to establish the C stored and transformed into biomass by these species. In the case of C retained by grasses and leaf litter, the methodology proposed by Haydock and Shaw (1975) was taken into account in accordance with what was proposed by Senra and Venereo (1986). Finally, for the calculation of C retained in soil, into account the levels of Soil Organic Matter (SOM) and apparent density. It is interesting to observe the C retention work carried out by the 67 identified tree individuals that manage to retain 3.8612 t of C / ha and remove 6,771 t of C from the atmosphere, in addition to the biomass generated by the other species present in the Stool estate.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 11


3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 8 de 11

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ NO _X_.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co

NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 9 de 11

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.


La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. CARBONO RETENIDO POR EL AGROECOSISTEMA DE LA FINCA	Texto

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 10 de 11

TABURETE DEL MUNICIPIO CAMAGÜEY, CUBA.pdf	
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
FONSECA INFANTE MELANIE	

21.1-51-20.

Carbono retenido por el agroecosistema de la finca Taburete del municipio

Camagüey, Cuba.

Carbon retained by the agroecosystem of the Taburete farm in the municipality of
Camagüey, Cuba.

Melanie Fonseca Infante, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Ingeniería Agronómica, extensión Facatativá,

mfonsecai@ucundinamarca.edu.co

DrC. Oscar Loyola Hernández, Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”

M. Sc. Ambientales Juan Carlos Tapias Duarte, Universidad de Cundinamarca

jctapias@ucundinamarca.edu.co

RESUMEN

Se ha descubierto que las fincas que establecen sistemas de producción agroecológica pueden mejorar la salud del suelo gracias a sus múltiples procesos biológicos, es el caso de la finca Taburete del municipio Camagüey en Cuba donde se realizaron análisis de captura de carbono (C) realizados por especies arbóreas, pastos, hojarasca y suelo ubicados en una zona caracterizada por un clima tropical de bosque húmedo y sabana con tiempo seco húmedo, también se estimó el CO₂ removido de la atmósfera por los árboles de la finca. Para la estimación de C retenido por los árboles se tomó la metodología propuesta por Mercadet y Álvarez (2005) quienes contrastan datos de volumen y biomasa del fuste del árbol y raíz con cálculos de C retenido en sus estructuras para establecer el C almacenado y transformado en biomasa por estas especies. En el caso del C retenido por los pastos y la hojarasca se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Haydock y Shaw (1975) en concordancia con lo propuesto por Senra y Venereo (1986), finalmente para el cálculo de C retenido en suelo se tienen en cuenta los niveles de Materia Orgánica del Suelo (MOS) y la densidad aparente. Resulta interesante observar el trabajo de retención de C realizado por los 67 individuos de árboles identificados que logran retener 3,8612 t de C/ha y remover 6,7710 t de C de la

atmósfera, además de la biomasa generada por las demás especies presentes en la finca Taburete.

PALABRAS CLAVE

Carbono, Retención, Agroecología, Remoción CO₂, Calentamiento global, Gases de Efecto Invernadero.

ABSTRACT

It has been discovered that farms that establish agroecological production systems can improve soil health. This is the case of the Taburete farm in the municipality of Camagüey in Cuba, where carbon (C) capture analyzes were carried out by tree species, grasses, and leaf litter. and soil located in an area characterized by a tropical climate of humid forest and savannah with dry humid weather, the CO₂ removed from the atmosphere by the trees on the farm was also estimated. To estimate the C retained by the trees, the methodology proposed by Mercadet and Álvarez (2005) was used, who contrast data on volume and biomass of the tree trunk and root with calculations of C retained in their structures to establish the C stored and transformed into biomass by these species. In the case of C retained by grasses and leaf litter, the methodology proposed by Haydock and Shaw (1975) was taken into account in accordance with what was proposed by Senra and Venereo (1986). Finally, for the calculation of C retained in soil, into account the levels of Soil Organic Matter (SOM) and apparent density. It is interesting to observe the C retention work carried out by the 67 identified tree individuals that manage to retain 3.8612 t of C / ha and remove 6,771 t of C from the atmosphere, in addition to the biomass generated by the other species present in the Stool estate.

KEYWORDS

Carbon, Retention, Agroecology, CO₂ Removal, Global Warming, Greenhouse Gases.

INTRODUCCIÓN

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente las causadas por actividades humanas, son las principales contribuyentes en la aceleración del cambio

climático. En la cotidianidad, se ven los efectos directos del calentamiento global con fenómenos como sequías, deshielos, inundaciones y condiciones climáticas extremas. (1)

La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por nitrógeno, oxígeno y cantidades más reducidas de hidrógeno, helio, argón, neón y otros gases. Algunos de estos, como el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), son los principales gases de efecto invernadero. Para entrar un poco en contexto, un GEI es un gas que absorbe radiación infrarroja (calor) de la atmósfera, provocando el calentamiento global; este fenómeno natural, contrariamente a lo que se ha creído y supuesto durante mucho tiempo, es útil, ya que sin él la Tierra estaría a una temperatura la cual no sería capaz de sustentar la vida de plantas y animales. En los últimos 100 años, los gases de efecto invernadero en la atmósfera han aumentado más que nunca y se han elevado a niveles fuera de lo normal en un periodo de tiempo corto comparado con el tiempo de presencia del hombre en el planeta. Esto se debe principalmente, al incremento en la producción de estos gases como consecuencia de las actividades humanas o fuentes antropogénicas, por ejemplo, la quema de combustibles fósiles. (2)

Las actividades que pertenecen al sector agrícola y ganadero contribuyen directamente a la emisión de GEI, uno de los sectores que mayor porcentaje de emisiones genera es el ganadero a través de una serie de procesos. La producción ganadera contribuye a la emisión de metano a través de la fermentación y los desechos animales. Por otro lado, en las actividades agrícolas, estas emisiones se producen como consecuencia de los cultivos fijadores de nitrógeno (3), la introducción de pastos, el uso de fertilizantes comerciales, que a su vez contribuye a la emisión de óxido nítrico, otro ejemplo es el cultivo de arroz el cual genera emisiones de metano. También se incluye la quema de rastrojos que produce la liberación de óxido nítrico, otros óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono (CO) y metano (CH_4). (4)

El suelo es la mayor reserva de carbono y contiene casi tres veces la biomasa del aire. El cambio de uso de la tierra es la segunda fuente de emisiones a la atmósfera provocadas por el hombre. (5) La ocupación de suelo se categoriza en el empleo y la cobertura vegetal, que es la caracterización de la superficie terrestre; tiene en cuenta sus propiedades biofísicas

como la vegetación, la pendiente, la topografía y el relieve; y así mismo, su transformación implica una segmentación de los ecosistemas terrestres. (6)

En este sentido, el cambio en la cobertura puede deberse a la migración del campo a la ciudad y a los asentamientos informales que constituyen áreas periféricas y limitan los beneficios que se han agrupado en función del tipo de servicios que provee la naturaleza al ser humano y se clasifican en servicios de suministro o abastecimiento, de soporte, regulación y servicios culturales. (7)

En la actualidad, se está considerando aumentar las regulaciones de gestión agrícola al establecer granjas agrícolas y agroecológicas en los trópicos para aminorar las emisiones relacionadas con los gases de efecto invernadero. Además, el secuestro de C a través del forraje y el pastoreo representa un medio importante para reducir las emisiones de las actividades del sector ganadero. (8)

Otra forma de compensar el efecto invernadero es fijando parte del dióxido de carbono del aire en forma de MOS. Mediante el proceso de fotosíntesis, las especies vegetales pueden extraer Dióxido de carbono de la atmósfera y, de esta manera, integrarlo e incorporarlo a sus tejidos. Es importante promover el metabolismo de fijación de C en las plantas, de esta manera se reduce la afectación causada por el Dióxido de carbono y su impacto como GEI. (9)

El secuestro de C debe tener como objetivo mantener la longevidad de los organismos y aumentar la biomasa en el sistema de producción. En este sentido, la alta concentración garantiza indudablemente todo tipo de suelos vírgenes, agrícolas y ecosistemas forestales. (10)

Hoy en día una de las soluciones que se plantean para mitigar los GEI y como una adaptación de los sistemas alimentarios al cambio climático son las fincas agroecológicas. Dichos sistemas son más resilientes frente a estas problemáticas ambientales, abordando además, la biodiversidad, la soberanía alimentaria, conservación de recursos, productividad, entre otros, promoviendo actividades productivas sostenibles en el tiempo maximizando el uso de recursos y energías del sistema.

La creación de sistemas agropecuarios biodiversos y diferentes estructuras agrícolas promueve el surgimiento de diferentes servicios ambientales en los agroecosistemas, que de no estar presentes pueden traer altos costos debido a una alta dependencia de recursos externos, lo que puede terminar llevando a su colapso. Cuba enfrenta el importante desafío de crear un sistema agrícola que pueda seguir combinando la protección ambiental con el uso sostenible y racional de los recursos naturales, para lograr este objetivo, se pretenden crear métodos de producción basados en la gestión de los recursos locales, con ello se propone fomentar la transición de la producción agrícola “convencional” hacia sistemas más económicos, con mayor carácter familiar y una alta biodiversificación. (11)

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en la finca Taburete del municipio de Camagüey, Cuba, ella con un área de 10200 m² (en la cual se dispusieron un total de 16 parcelas para los diferentes apartados metodológicos), ubicada geográficamente en los 21,392456 N - 77,980049 W.

De acuerdo con la clasificación de Köppen la zona posee características propias de clima tropical, bosque estacionalmente húmedo y sabana con invierno seco, con tendencia al carácter continental comparativamente notable dentro del país; en su condición físico – geográfica predominan las llanuras según datos correspondientes a la estación meteorológica de Camagüey (78355), ubicada en los 21° 24´ de latitud norte y los 77° 51´ de longitud oeste. Las temperaturas medias han oscilado entre 22,2 °C en el mes de enero y los 27,1 °C en julio con un promedio anual de 24,9 °C. La humedad relativa media, varía desde 71% en abril hasta el 82% en octubre, con un valor promedio histórico de 77%. Los mayores volúmenes de lluvia ocurren en los meses de mayo, junio y septiembre, sin superar los 200,0 mm de promedio en el período. Los análisis e investigaciones técnicas se realizaron en las instalaciones de la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz” ubicada en la Carretera Circunvalación Norte km 5½, entre camino viejo de Nuevitas y Avenida Ignacio Agramonte. Los equipos y materiales que se usaron fueron: una gramera manual, cinta métrica, vara de dos metros, celular con GPS, aplicación “Trees”, computador, libreta de apuntes y esfero para los puntos a mencionar a continuación.

Se determinaron los datos para el suelo según cada uno de los horizontes (A, B y C) profundidad efectiva, densidad aparente g/cm³ y MOS. Seguido de esto, se procedieron a resumir en la siguiente tabla (ver Tabla 1).

Tabla 1: Propiedades fisicoquímicas del suelo pardo mullido sin carbonatos.

Horizonte	Profundidad (cm)	Densidad Aparente g/cm³	MOS
A	0-20	1,10	5,08
B	21-50	1,15	2,18
C	51-100	1,12	1,67

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular los niveles de carbono retenido por el sistema agroecológico en estudio se determinó en las plantas existentes (árboles y arbustos) tanto aislados en los potreros y en los cultivos establecidos el C retenido en su estructura, para ello se hallaron los volúmenes de madera, ramas y follaje de acuerdo con el tipo de planta, y para el caso de los pastos se determinó su disponibilidad. Igualmente, para el caso del suelo a partir de los niveles de MOS se calculó el C retenido y a partir de la cantidad de hojarasca también se determinó el C retenido por esta.

Retención de Carbono por especies arbóreas

Se listaron los individuos presentes en el predio para determinar la totalidad de individuos arbóreos existentes en la finca estudiada, y así evaluar el C almacenado y retenido en su biomasa.

La estimación de la retención de C por la biomasa arbórea se efectuó según la metodología propuesta por Mercadet y Álvarez (12). Previamente, a cada planta se le midió la altura a través de un hipsómetro y el perímetro del fuste a 1,30 m del suelo utilizando una cinta métrica flexible. La densidad aparente de la madera (kg/m³) se estableció de acuerdo con los criterios de Fors en el año 1975, este valor se utilizó para determinar la retención de C y para el volumen de raíz se consideraron estudios anteriores que toman como referencia el 30% de la biomasa arbórea.

A partir de los datos primarios se realizaron cálculos aplicando las siguientes ecuaciones:

$$1 \quad Df_{(m)} = \frac{Pf_{(cm)}}{100}$$

$$2 \quad Vf_{(m^3)} = \frac{\pi}{4} * Df^2 * h * Cf$$

$$3 \quad Bf_{(t)} = \frac{Vf * De}{1000}$$

$$4 \quad Ba_{(t)} = Bf * Fe$$

$$5 \quad Br_{(t)} = Ba * Cco$$

$$6 \quad Bt_{(t)} = Ba + Br$$

$$7 \quad Cb_{(t)} = Bt * Fc$$

Donde:

Df: Diámetro del fuste (m)

Pf: Perímetro del fuste a 1,30 m de altura sobre el piso (cm)

π : 3,1416

Vf: Volumen del fuste (m³)

h: Altura total de la planta (m)

Cf: Coeficiente de forma (para cada especie)

Bf: Biomasa del fuste (t)

De: Densidad específica (para cada especie) (kg /m³)

Ba: Biomasa aérea (t)

Fe: Factor de expansión (ramas y follaje) = 1,74

Br: Biomasa de las raíces (t)

Cco: Coeficiente de concomitancia orgánica (raíces) = 0,3

Bt: Biomasa total (t)

Cb: Carbono en la biomasa (t)

Fc: Fracción de carbono (para cada especie)

Estimación del CO₂ removido de la atmósfera por los árboles

El CO₂ removido por los árboles, se determinó partiendo del peso del carbono determinado, el coeficiente (Kr) y la siguiente expresión:

$$CO_2 = C * Kr$$

Donde:

C = Carbono (g)

Kr = 3,66

Disponibilidad del pasto

Para determinar la disponibilidad de pastos naturales en las diferentes áreas de la finca, se realizó un muestreo totalmente al azar obteniendo un total de ocho parcelas de 50 cm x 50 cm cada una y se utilizó la variante práctica del método visual de Haydock y Shaw (1975) modificada por Senra (1977) para áreas de producción de acuerdo con Senra y Venereo (13). Se determinaron cinco marcos de referencia considerando cinco niveles de desarrollo del pasto, estos se cortaron y pesaron frescos, con esta referencia al azar se evaluó la disponibilidad total del área, la cual se determinó teniendo en consideración la frecuencia de cada nivel de desarrollo por el peso de este, la suma de todos y se calculó el valor medio o la media de las observaciones.

El rendimiento de materia seca se precisó a partir del secado del follaje de cada una de las principales especies con base en su peso fresco y su relación con el peso seco determinado a partir del secado al sol hasta peso constante.

Carbono retenido en el pasto

Para determinar el carbono retenido se consideró entonces la disponibilidad de materia seca de los pastos en el área de estudio multiplicado por 0,48 que es la cantidad de C posible a almacenar por los pastos de acuerdo con Soto (14), en este caso no se consideraron las raíces pues no se contaba con referencias al respecto.

Retención de Carbono por la hojarasca

Deposición de hojarasca

Para los cálculos del contenido en la deposición de hojarasca se limpiaron las arvenses y todo tipo de material orgánico en siete parcelas de 0,25 m² y una parcela extra de 2 m x 2 m en la plantación de 89 plantas de plátano, a las cuales cada 15 días, durante dos meses consecutivos (marzo-abril) se recolectó y pesó todo el material depositado, posteriormente se

extrapoló el resultado al área total. Para determinar el carbono retenido en la hojarasca se utilizó el mismo procedimiento que para los pastos solo que este material ya estaba seco por lo que su peso se multiplicó por 0,48 de acuerdo con lo referido por Soto (14).

La fracción de Cb tiene un valor por defecto de 0,5; aunque en niveles metodológicos superiores hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal (15). Partiendo de este criterio se tomó como referencia contenidos de C retenido en el follaje y hojarasca de 0,48%, de acuerdo con Soto (14) y el C retenido en la madera de 0,45% de acuerdo con Pérez y Bonilla (16) quienes toman como factor de contenido medio de C en la madera 0,45 para latifolias y 0,50 para pinos.

Carbono retenido en el suelo

Los niveles de carbono retenido en el suelo también fueron determinados a partir de los niveles de MOS y la densidad aparente.

La determinación de las reservas de C en los suelos analizados se efectuó a través de los siguientes procedimientos:

$$\% C O S = \% M O S * 0,58$$

Donde:

%COS: % de Carbono orgánico del suelo.

%MOS: % de materia orgánica del suelo.

0.58: Constante (% de COS en la MOS).

$$C A = P m * D A * \% C O S$$

Donde:

CA: Carbono almacenado en el suelo ($t\ ha^{-1}$).

Pm: Profundidad del suelo (cm) (0-20, 21-50, 51-100 cm).

DA: Densidad aparente (g/cm^3).

COS: Carbono orgánico el suelo (%)

Finalmente, el carbono total retenido en este sistema se calculó mediante la fórmula:

$$C_{Total} = C_{árboles} + C_{pastos} + C_{hojarasca} + C_{suelo}$$

ESTADÍSTICA

Se determinó la media y ES (error estándar de la media) para deposición de hojarasca.

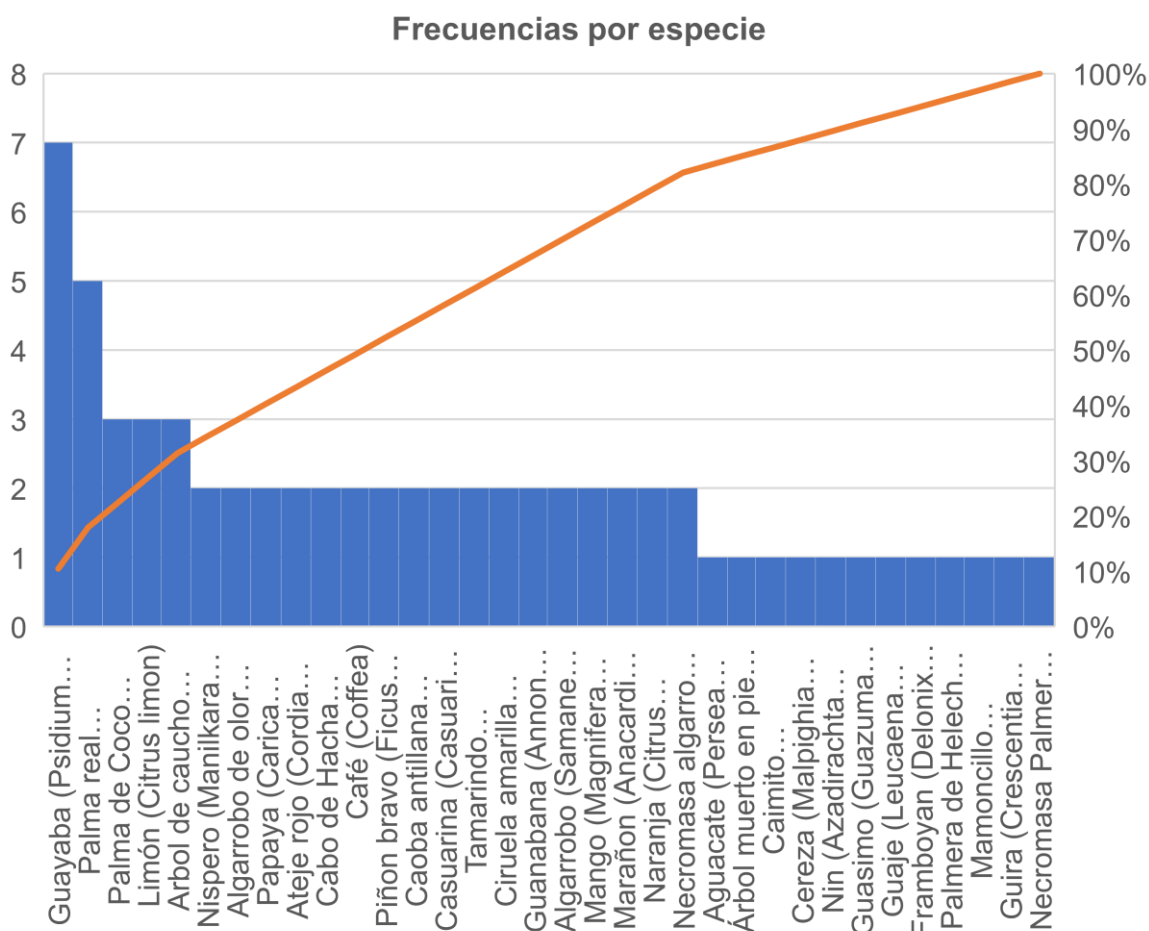
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como lo informa el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, IPCC por sus siglas en inglés (17), diversos y numerosos foros, eventos en todo el mundo debaten periódicamente sobre el estudio y el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático desde diferentes sectores, entre ellos el sector agrícola con base en la responsabilidad para mitigar el impacto sobre los recursos naturales no renovables.

De acuerdo a la especie vegetal se tendrá diferente capacidad fotosintética lo cual también se expresa en la cantidad de C procesado por la planta, mediante la fotosíntesis, los árboles almacenan cantidades importantes y diferenciadas de carbono en su biomasa, las cuales además pueden ser depositadas en el suelo durante la descomposición de la MOS transformada en C (18).

Como resultado del diagnóstico realizado a la finca relativo a las especies arbóreas y arbustivas se constató la presencia de 67 individuos pertenecientes a 31 especies y 19 familias. Las alturas de estos individuos oscilaron entre 1,6 m y 26 m con diámetros entre 0,03 m y 1,5 m. Las especies mejor representadas son guayaba (*Psidium guajava*) con 7 individuos, palma real (*Roystonea regia*) con 5, árbol de caucho (*Ficus elastica*) con 3 (ver Ilustración 1). No obstante, no son las que mayor cantidad de C retienen, pues este valor está dado por las dimensiones de los especímenes. En tal sentido, la caoba antillana (*Swietenia mahagoni L.*), el tamarindo (*Tamarindus indica*) y la casuarina (*Casuarina equisetifolia*) son las especies con mayor retención con 53,40 / 43,91 / 26,60 t de C, respectivamente.

Ilustración 1: Gráfica de Pareto, especies presentes en la finca Taburete, Camagüey, Cuba



Fuente: Elaboración propia.

En este aspecto, los bosques y las plantaciones desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio ecológico y el ciclo global del carbono (19). Los bosques naturales tienen altas concentraciones de carbono, pero los cambios en el uso de la tierra o las prácticas de gestión inadecuadas están agotando este recurso; es por esto, que la mejor estrategia es considerar la conservación y fijación de este carbono en un espacio determinado, donde las especies vegetales arbóreas son manejadas para alcanzar los compromisos de mitigación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (20)

Retención de carbono por especies arbóreas

Estimación del CO₂ removido de la atmósfera por los árboles

A partir de la estimación de la retención de C por la biomasa arbórea propuesta por Mercadet y Álvarez (2005) se hicieron los cálculos pertinentes para obtener los datos totales de volumen

y biomasa del fuste, árbol y raíz para obtener los datos de C removido en toneladas (t) (ver Tabla 2).

Tabla 2: Valores de volumen, biomasa y carbono removido en la totalidad de las especies del agroecosistema

	VF (m³)	Bf (t)	Ba (t)	Br (t)	Bt (t)	Cb (t)	C_{Total} (t)
Total	79,8000	55,8000	97,2000	29,2000	126,3000	56,8000	208,0000
ES	0,3236	0,2401	0,4177	0,1253	0,5431	0,2444	0,8944

Fuente: Elaboración propia.

Así como señalan los resultados de Wu., et al. (21) que mostraron que la biomasa y la productividad forestal de algunas especies también pueden modelarse utilizando factores edáficos y topográficos. Las proyecciones de calentamiento global y aumento de la aridez pueden implicar pérdidas significativas de biomasa y productividad forestal, lo que puede cambiar directamente el papel de los sumideros (22).

Además, según Anaya-Romero et al. (23) y la FAO (24), en todo el mundo, los bosques representan el 31% de la superficie terrestre total, de igual modo, Pan et al. (25) mencionan que ocupan una posición crucial en el ciclo global del carbono.

Disponibilidad de pasto

En la finca Taburete se identificaron 18 especies diferentes de pastos, algunas de ellas nativas (*Cenchrus echinatus* L., *Chloris barbata* Sw., *Eragrostis pectinacea* (Michx.) Nees, *Leptochloa panicea* (Retz.) Ohwi y *Sporobolus tenuissimus* (Schrank) Kuntze) con predominancia de especies introducidas originarias de África y Asia (*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus, *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd., *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf, entre otras), con un porcentaje aproximado del 17% del 100% correspondiente a la parcela donde se realizó la determinación de este apartado.

Carbono retenido en el pasto

Considerando la disponibilidad de materia seca de los pastos en el área de estudio del agroecosistema se obtuvieron los datos pertinentes (ver Tabla 3).

Tabla 3: Datos pertinentes correspondientes al carbono retenido en el pasto.

	g MV/m²	g MS/m²	C retenido (t)	C removido (t / ha)
Promedio	1.568,000	392,000	3,8612 material seco en el área	
Desviación Estándar	213,649	53,412		
Coefficiente de Variación	13,62%	13,62%	1,850	6,771
Error Estándar	47,773	11,943		
Mínimo	480,000	120,000		
Máximo	3.000,000	750,000		

Fuente: Elaboración propia.

Total de la finca: 103 m x 96 m: 9888 m²

Considerar 500 m² de infraestructura y área de la parcela 1674 m².

Por tanto 12024 m² – 2174 m² quedan 9850 m².

Aguilera (26) y Almagro (27) mencionan que la gestión de cultivos puede conducir al almacenamiento de carbono atmosférico en suelos agrícolas, contribuyendo al esfuerzo por frenar el calentamiento global. Adicional a esto, también se plantea que, mantener la cubierta natural entre cultivos es una técnica popular para preservar el suelo que tiene muchos beneficios: la cubierta aumenta la retención de nutrientes después de las lluvias, reduce significativamente la erosión y permite que el CO₂ atmosférico se filtre en el suelo a través de las raíces (28).

Retención de carbono por la hojarasca

Teniendo en cuenta que para determinar el carbono retenido en la hojarasca se utilizó el mismo procedimiento que para los pastos, solo que este material ya estaba seco por lo que su peso se multiplicó por 0,48 de acuerdo con lo referido por Soto (14), se determinó 443 g en siete parcelas de 0,25 m² y se realizaron los cálculos oportunos (ver Tabla 4).

Tabla 4: Datos pertinentes correspondientes al carbono retenido por la hojarasca.

Promedio (g)	443,2500
Desviación Estándar	234,4040
Coefficiente de Variación	52,88%
Error Estándar	52,4144
Mínimo	120,0000

Fuente: Elaboración propia.

1,773 kg / m² de hojarasca depositada

1152 m² + 378 m² + 144 m²: Área de la parcela 1674 m²

Hojarasca depositada 2968,002 kg en el área, equivalentes a 2,96 t, considerando que 0,48 de C es retenido en material seco tenemos entonces 1,421 t / m² C retenido en hojarasca.

Teniendo en cuenta la hojarasca depositada, el material ya seco, el carbono removido corresponde a 5,20 t. Esto puede deberse a que este componente se libera continuamente en el suelo a lo largo del tiempo y su tasa de deposición depende de la especie, edad de los árboles, densidad arbórea y microclima (viento y temperatura) de un lugar determinado. (29)

Los árboles retienen y aumentan las concentraciones de nutrientes foliares al reabsorber nutrientes de hojas viejas o senescentes y reasignarlos a estructuras de almacenamiento o la producción de nuevos tejidos, además de la disponibilidad de nutrientes en el suelo (30).

Carbono retenido en suelo

Los niveles de carbono retenido en el suelo también fueron determinados a partir de los niveles de MOS, teniendo en cuenta los estudios realizados por Robert, M. en el 2002 y la densidad aparente.

$$\% C O S = 2,96 t * 0,58$$

$$\%COS= 1,7168$$

Así como lo indican Zimmermann et al., (31); Ma et al., (32); Hernández et al., (33), se encontró que las áreas con mayor cubierta vegetal, que protege el suelo de las influencias externas y la radiación solar directa, tenían valores más altos de carbono orgánico terrestre. Esto se debe a que el suelo puede almacenar más carbono orgánico porque hay menos MOS que se descompone en estas zonas. Además, alta densidad de raíces de estos vegetales contribuye a este proceso.

Los hallazgos respaldan la investigación de Solano (34), quien encontró que las reservas de carbono en los ecosistemas de matorrales son mayores en altitudes más altas y menos abundantes en altitudes más bajas.

Últimas investigaciones hacen hincapié en la relevancia del almacenamiento de carbono en el suelo, ya que cada aumento del 1,0% en el carbono aumenta la capacidad de retención de agua en 3 mm, lo que ayuda a adaptarse al cambio climático. (35)

Carbono retenido en este sistema

$$C_{Retenido\ Sistema} = C_{árboles} + C_{hojarasca} + C_{pasto} + C_{suelo}$$

$$C_{Retenido\ Sistema} = 56,800_t + 1,421_t + 1,850_t + \%COS = 1,7168$$

$$C_{Retenido\ Sistema} = 60,071 + \%COS = 1,7168$$

Carbono removido del ambiente

$$C_{Removido\ Ambiente} = C_{R.\ árboles} + C_{R.\ hojarasca} + C_{R.\ pastos}$$

$$C_{R.\ A.} = 208,00_t + 5,20_t + 6,771_t$$

$$C_{R.\ A.} = 219,97\ t$$

Estos datos son respaldados por el proceso de regeneración a partir de la pérdida de carbono en los ecosistemas forestales, ya que es parte de un sistema con cuatro tipos principales de reservorios de carbono: vegetación en aire y raíces, materia descompuesta o en proceso de descomposición, suelo, productos forestales, cada uno de los cuales tiene un tiempo de recuperación diferente. La vegetación aérea es la estimación más factible. El problema generalmente es que no hay suficiente información sobre el contenido de carbono de la vegetación y el suelo. (36)

Se evidencian mayores niveles de C removido en un agroecosistema asociado con otras especies tal como lo menciona López (37).

Adicional a la información expuesta anteriormente, Reyes (38) afirma por medio a los resultados obtenidos en su investigación que la fertilización controlada en plantaciones favorece el almacenamiento del carbono en los árboles, indicando así, que en los tratamientos con las dosis más altas de fertilizante produjeron las mayores reservas de carbono. No obstante, la capacidad de retención que no siempre se expresa en condiciones naturales por limitaciones de agua y nutrientes, sí puede manifestarse en una plantación bien manejada (39)

La fertilización con nitrógeno tiene la capacidad de modificar, significativamente, el ambiente edáfico forestal y puede aumentar de manera importante el almacenamiento de carbono, tal como lo indican los autores Smaill et al., (40) y Shryock et al. (41) cuando afirman que la fertilización con nitrógeno aumentó significativamente el carbono secuestrado por árbol, con respecto a las parcelas que no se fertilizaron.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se puede concluir que existe una cantidad importante de carbono almacenado en las plantaciones con asocio, lo que muestra que la inclusión de estas favorece el crecimiento y la producción de biomasa.

Los resultados arrojados muestran, además, que el secuestro de carbono a nivel de este agroecosistema aumenta rápidamente por la aparición de las arvenses. Por lo tanto, ejercer un control sobre el crecimiento de estas plantas representaría una mejoraría en el equilibrio del control de la erosión, el secuestro de carbono y el rendimiento de los cultivos sin la necesidad de erradicar estas plantas que pueden ser muy benéficas en un agroecosistema.

Por otro lado, se puede afirmar que el aumento de la MOS en conjunto con el uso de enmiendas orgánicas en agroecosistemas como este, permite mantener una mejor calidad biofísica del suelo, circulación óptima del agua, mayor aireación y disponibilidad de nutrientes si se hace la comparación con los sistemas de producción convencionales. Esto claramente tiene repercusión en buenos rendimientos, en aumento de la calidad del producto agrícola y en menor emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera.

Los árboles y otras especies vegetales remueven cantidades importantes de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera a lo largo de su desarrollo fisiológico y morfológico y lo almacenan en su biomasa arbórea y arbustiva. Es por esto por lo que, determinar los niveles de retención de carbono en el agroecosistema es importante debido a que la cantidad potencial de carbono que puede ser liberada a la atmósfera es significativa; por ende, el manejo agronómico y ambiental adecuado es una de las maneras más efectivas de removerlo.

REFERENCIAS

- (1) Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático.
- (2) Berra, G., & Finster, L. (2002). Influencia de la ganadería argentina. Emisión de gases de efecto invernadero. *Revista Idia XXI*, 2(2), 212-216.
- (3) Bavera, G. A. (21 de 12 de 2018). Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de Repositorio Digital de Acceso Abierto: <https://www.produccion-animal.com.ar/>
- (4) Berra, G., & Finster, L. (2002). Influencia de la ganadería argentina. Emisión de gases de efecto invernadero. *Revista Idia XXI*, 2(2), 212-216.
- (5) Cantú Silva, I., & Yáñez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(45), 122-151.
- (6) Morales-Hernández, J., Carrillo-González, F., Farfán-Molina, L., y Cornejo-López, V. (Junio, 2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Caldasia*, 38(1), 17-29.
- (7) Abad-Auquilla, K. (2020). El cambio de uso del suelo y la utilidad del paisaje periurbano de la cuenca del río Guayllabamba en Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 68-91.
- (8) Soussana, J., Tallec, T. y Blanfort, V. (2010). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4(3), 334-350. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990784>
- (9) Lima, J. A., Mesa, Y. M., & del Pozo Rodríguez, P. P. (2020). Sostenibilidad energética en el manejo agroecológico de sistemas lecheros en Cuba. *Anuario Ciencia en la UNAH*, 18(3).
- (10) Molina-Murillo, S. A., Barrientos, G., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madriz, M., ... & Valdés, S. (2017). ¿Son las fincas agroecológicas resilientes? Algunos resultados utilizando la herramienta SHARP-FAO en Costa Rica. *Ingeniería*, 27(2), 25-39.

- (11) Salmón, Y., Funes-Monzote, F. R., & Martín, O. M. (2012). Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica " Las Palmitas" del municipio Las Tunas. *Pastos y Forrajes*, 35(3), 321-332.
- (12) Mercadet, Alicia. y Álvares, A. 2005. Metodología para el cálculo de Carbono. Informe final del subproyecto 11.25.03, del informe final del proyecto "Cambio Climático y el Sector Forestal Cubano": segunda aproximación.
- (13) Senra, A. Y Venereo, a. (1986). Métodos de muestreo. En: *Los pastos en Cuba*. (tomo 1). La Habana, Cuba: EDICA.
- (14) Soto, S.: Evaluación de la integración de cultivos de ciclo corto durante el establecimiento de áreas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para contribuir a la sostenibilidad en fincas ganaderas. Artículo en revisión, Camaguey, Cuba. 2004. En sitio web: <http://www.reduc.edu.cu/147/04/1/14704104.pdf>
- (15) Fuentes Molina, N., Rodríguez Barrios, J., & Isenia León, S. (2018). Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 115-123. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342>
- (16) IPCC: Resumen Técnico. 2004. *Climate change. Spatial report on emissions scenarios*. Intergovernmental panel on climate change (IPCC). Disponible en: <http://grida.no/climate/ipcc>
- (17) IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (R.K. Pachauri y L.A. Meyers, Eds.). IPCC, Ginebra, Suiza.
- (18) Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M. y Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas* 8(30): 32–35.

- (19) Yong, P. y Zengyuan, L. 2015. Forest aboveground carbon mapping using multiple source remote sensing data in the Greater Mekong Subregion. 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS): 2035.
- (20) Inocente, M. Á. M., Luna, J. A. N., Bretado, M. Á. E., Cobos, F. C., Hernández, F. J., & Vargas-Larreta, B. (2020). Carbono retenido en biomasa y suelo en bosques de El Salto, Durango, México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (80), 5-13.
- (21) Wu, T., Tissue, D. T., Su, W., Li, X., Yang, S., Liu, X., ... & Liu, J. (2023). Long-term field translocation differentially affects arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal trees in a sub-tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109724.
- (22) Herraiz, A. D., Salazar-Zarzosa, P. C., Mesas, F. J., Arenas-Castro, S., Ruiz-Benito, P., & Villar, R. (2023). Modelling aboveground biomass and productivity and the impact of climate change in Mediterranean forests of South Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 337, 109498.
- (23) Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., Ibañez, B., Marañón, T., 2016. Evaluation of forest ecosystem services in Mediterranean areas. A regional case study in South Spain. *Ecosyst. Serv.* 20, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.002>.
- (24) Food and Agriculture Organisation, FAO, 2022. *El Estado De Los Bosques Del Mundo 2022. Vías forestales Hacia La Recuperación: Verde y La Creación De Economías inclusivas, Resilientes y Sostenibles.* FAO, Roma. <https://doi.org/10.4060/cb9360es>.
- (25) Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333 (6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>.

- (26) Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., Gimeno, B.S., 2013. Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: a meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>.
- (27) Almagro, M., de Vente, J., Boix-Fayos, C., García-Franco, N., Melgares de Aguilar, J., Gonzalez, D., Solé-Benet, A., Martínez-Mena, M., 2016. Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9535-2>.
- (28) Aranda-Barranco, S., Serrano-Ortiz, P., Kowalski, A. S., & Sánchez-Cañete, E. P. (2023). The temporary effect of weed-cover maintenance on transpiration and carbon assimilation of olive trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, 329, 109266.
- (29) Reyes-Carrera, S. A., Méndez-González, J., Nájera-Luna, J. A., & Cerano-Paredes, J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1), 147-155.
- (30) Wu, T., Tissue, D. T., Su, W., Li, X., Yang, S., Liu, X., ... & Liu, J. (2023). Long-term field translocation differentially affects arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal trees in a sub-tropical forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 342, 109724.
- (31) Zimmermann, M., Miles R. Silman, P. M., Fedders, A., Gibbon, A., et al. (2010). No hay diferencias en las reservas de carbono del suelo a lo largo de la línea de árboles en los Andes peruanos. *Ecosystems*, 13, 62-74.
- (32) Ma, T., Dai, G., Zhu, S., Chen, D., Chen, L., et al. (2019). Distribution and preservation of carbon components derived from roots and shoots in soils in the grasslands of China and Mongolia. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124(2), 420-431.
- (33) Hernández Núñez, H. E., Andrade, H., Suárez Salazar, J. C., Sánchez, J., Gutiérrez, D., & Gutiérrez García, G. A. (2021). Almacenamiento de carbono en

sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 61(1), 252-368.

- (34) Solano, M., Ramón, P., Burneo, J. I., Quichimbo, P., & Jiménez, L. (2018). Efecto del gradiente altitudinal sobre las reservas de carbono y nitrógeno del suelo en un matorral seco en Ecuador. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 27(3), 116-122.
- (35) Agricultura Y Desarrollo Rural, S. (2022, 17 septiembre). Almacenamiento de carbono en suelos permite mitigar efectos del cambio climático y la adaptación en las cosechas: agricultura. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/almacenamiento-de-carbono-en-suelos-permite-mitigar-efectos-del-cambio-climatico-y-la-adaptacion-en-las-cosechas-agricultura?idiom=es#:~:text=Estudios%20recientes%20destacan%20la%20importancia,adaptaci%C3%B3n%20ante%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- (36) Regil-García, H. H., Franco-Maass, S., Endara-Agramont, A. R., Flamenco-Sandoval, A. F., Espinoza-Maya, A., Calderón-Contreras, R., & Pérez-Vega, B. A. (2020). Procesos de pérdida y recuperación del contenido de carbono en biomasa aérea en las zonas forestales del área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca en el periodo 2000-2013. *Revista Geográfica de América Central*, (64), 181-211.
- (37) López, J. L. R., Proaño, E. A. O., & Avila, E. J. C. (2019). Almacenamiento de carbono en plantaciones de *Juglans neotropica* Diels, con y sin asocio de *Coffea arabica* L. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(2), 73-80.
- (38) Reyes Pozo, J. L., León Sánchez, M. A., & Herrero Echeverría, G. (2019). Influencia de la fertilización mineral sobre la retención de carbono en una plantación de pino. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(51), 4-22.
- (39) Prado, J. A. 2015. Plantaciones Forestales, más allá de los árboles. Colegio de Ingenieros Forestales. Santiago de Chile, Chile. 166 p.

- (40) Smaill, S. J., P. Clinton and L. Greenfield. 2008. Nitrogen fertiliser effects on litter fall, FH layer and mineral soil characteristics in New Zealand *Pinus radiata* plantations. *Forest Ecology and Management* 256(4): 564-569.
- (41) Shryock, B., K. Littke, M. Ciol, D. Briggs and R. Harrison. 2014. The effects of urea fertilization on carbon sequestration in Douglas-fir plantations of the coastal Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management* 318:341-348.