

Estimación de captura de carbono en el Sistema Agroforestal de *Theobroma cacao* L., en Jamal, Baracoa

Estimation of carbon sequestration in the Agroforestry System of *Theobroma cacao* L., in Jamal, Baracoa

Autores: Keilan Cuesta Fuente, <https://orcid.org/0000-0003-2668-1812>

Rolando Arteaga Duran, <https://orcid.org/0000-0001-5241-4537>

Organismo: El Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible. (CATEDES), Guantánamo, Cuba.

E-mail: keilan@catedes2.gtmo.inf.cu; rolandoad@cug.co.cu

Fecha de recibido: 23 may. 2021

Fecha de aprobado: 27 jul. 2021

Resumen

El trabajo se desarrolló en la finca Los Yacer, municipio Baracoa, provincia Guantánamo, con el objetivo de evaluar la estimación de captura de carbono en el Sistema Agroforestal de *Theobroma cacao* L. El mismo se realizó a través de un inventario florístico, mediante un muestreo al azar, donde se levantaron 14 parcelas rectangulares, evaluando las especies por estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Se evaluó el diámetro (m), la altura (m), el área basal (m²), el volumen (m³), la diversidad beta y alfa y la estimación del secuestro de carbono para cada especie. Los principales resultados arrojaron que se identificaron 727 individuos, donde las especies de mayor índice de importancia ecológica fueron: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Gliricidia sepium*, y *Cedrela odorata* y las de mejor comportamiento de carbono retenido son: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Theobroma cacao* y *Spondias mombin*.

Palabras clave: agroforestal; carbono; diversidad; inventario; secuestro; sistema.

Abstract

This work was developed in the Los Yacer farm, Baracoa municipality, Guantánamo province, with the objective of evaluating the estimation of carbon sequestration in the Agroforestry System of *Theobroma cacao* L. The same It was carried out through a floristic inventory, through random sampling, where 14 rectangular plots were raised, evaluating the species by herbaceous, shrub and arboreal strata. The diameter (m), height (m), basal area (m²), volume (m³), beta and alpha diversity and the estimation of carbon sequestration for each species were evaluated. The main results showed that 727 individuals were identified, where the species with the highest ecological importance index were: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Gliricidia sepium*, and *Cedrela odorata* and the ones with the best retention of carbon performance are: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Theobroma cacao* and *Spondias mombin*.

Words key: agroforestal; carbon; diversity; inventory; sequestration; system.

Introducción

Los sistemas agroforestales en el mundo están orientados a mejorar la productividad de la tierra y al mismo tiempo son ecológicamente sustentables ya que pueden contribuir eficientemente en la creación de sistemas integrales de producción que ayuden a mantener la productividad, proteger los recursos naturales, minimizar los impactos ambientales y satisfacer las necesidades económicas y sociales de los agricultores (Tintaya, 2015).

Al respecto García *et al.* (2015) explican que los SAF se componen de múltiples capas de dosel, las cuales son útiles para la conservación de suelos y la retención de agua, como lo demostraron Pérez *et al.* (2012) quienes indican una relación negativa entre la cobertura y la de pérdida de suelos.

El contenido de carbono en la vegetación es el almacenado en la biomasa por efecto de su incorporación durante la fotosíntesis, por lo tanto, la cantidad de carbono almacenado es proporcional a su biomasa (Hernández *et al.*, 2015). La captura y fijación del CO₂ en los árboles se realiza durante su crecimiento, es decir la tasa anual de carbono almacenado debido al incremento de su biomasa –aproximadamente 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono (Mercadet *et al.*, 2011).

El cultivo de cacao en Guantánamo, unido a diferentes especies forestales, es considerado como uno de los productos agrícolas tradicionales de importancia social y económica, por generar ingresos a las familias (Castillo *et al.*, 2018).

Los sistemas agroforestales en Baracoa, no escapan a estas realidades antes mencionadas, las cuales encontramos en nuestro andar, donde estos sistemas muchas veces no reúnen las características necesarias para alcanzar la sostenibilidad.

Materiales y métodos

EL trabajo se desarrolló en la finca Finca Los Yacer, perteneciente a la UBPC “José Maceo” de la localidad el Jamal, municipio Baracoa, provincia Guantánamo (Figura 1), desde junio 2019 hasta junio de 2020, en un suelo Pardo Sialítico Ócrico Sin Carbonatos, para evaluar la composición florística del ecosistema cacaotero.

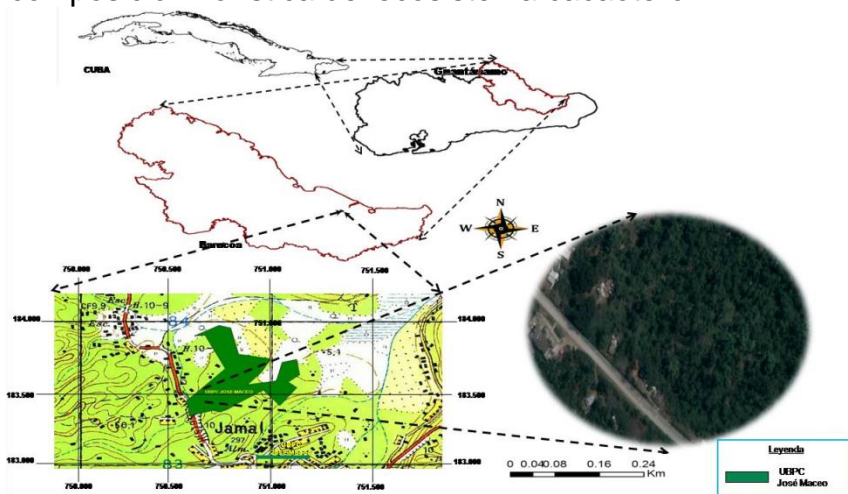


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Inventario florístico

El inventario se realizó mediante un muestreo al azar, para cubrir la mayor área del terreno, donde se levantaron 14 parcelas rectangulares de 20 m x 25 m (500 m²), distribuidas a 100 m una de otra, donde se identificaron todas las especies por los diferentes estratos: herbáceo: hasta 0,99 m, arbustivo: de 1 a 4,99 m y arbóreo: mayor de 5 m, según la metodología de Álvarez y Varona (2006), a cada una de ellas se le midió el diámetro a 1.30 (d 1.30) con una cinta diamétrica y la altura, de acuerdo con Malleux (1982), citado por Ortiz y Carrera (2002), con una apreciación visual.

Diversidad de las especies

Diversidad beta (β)

Para este estudio se aplicó un análisis, mediante la medida de distancia de Sorensen (Bray-Curtis), (Beals, 1984), y el método de unión, que el de media, determinado entre grupos (Group Average Link).

Diversidad alfa (α)

La diversidad (alfa) de especies florística se determinó mediante la metodología de Margalef (1968), citada por Aguirre y Yaguana (2012). Donde se determinaron el índice de riqueza, la abundancia proporcional de especies, dominancia de especies y el índice de valor de importancia ecológico.

Índice de riqueza

La riqueza se refiere al número de especies pertenecientes a un determinado grupo (plantas, animales, bacterias, hongos, mamíferos, árboles, entre otros.) existentes en una determinada área (Margalef, 1968).

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde: S = Número de especies

N=Número total de individuos

Abundancia proporcional de especies

Índice de Shannon-Wiener

Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat. Para utilizar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra (Shannon, 1948). Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum p_i * \ln p_i \quad P_i = \frac{N_i}{N}$$

Donde:

P_i = Probabilidad de la especie i respecto al conjunto.

N_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos de la muestra.

Dominancia de especies

El índice de Simpson es otro método utilizado, comúnmente, para determinar la diversidad de una comunidad vegetal.

$$D = \frac{\sum (ni(ni - 1))}{(N(N - 1))} \quad R = \frac{1}{D}$$

Donde:

ni = Número de individuos por especie

N = Número total de individuos

R = Riqueza

Índice de valor de importancia ecológica (IVIE)

Este índice se evaluó mediante la determinación de los valores de abundancia, dominancia y frecuencia relativa de cada especie:

$$IVIE = AR + FR + DR$$

Donde: AR (Abundancia relativa)

FR (Frecuencia relativa)

DR (Dominancia relativa)

$$AR = \frac{\text{\# de individuos de una especie}}{\text{\# Total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$FR = \frac{\text{\# de parcelas en la que ocurre una especie}}{\text{Total, de ocurrencia en todas las parcelas}} \times 100$$

$$DR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

Determinación de la captura de carbono del SAF cacaotero

Se realizó un levantamiento de las parcelas en las plantaciones, para lo cual se utilizó la Norma Ramal 595 de Tratamientos Silvícolas según MINAG (1983), aplicando un muestreo aleatorio simple sin reemplazo. Se levantaron 14 parcelas de 500 m², donde se evaluaron las diferentes especies, a una distancia de 100 m entre ellas.

A todos los árboles de cada parcela se les midió el diámetro a 1,30 m del suelo con una cinta diamétrica; la altura total se midió con una regla graduada en centímetros cuando no superó los tres metros y cuando fue mayor, con un hipsómetro de Blume Leiss (Suunto). La retención de carbono en el SAF cacaotero se evaluó por la metodología Mercadet y Álvarez (2005); Mercadet y Álvarez (2009). Todos los datos obtenidos fueron procesados con un fichero confeccionado en Microsoft Office Excel 2010.

La biomasa es el peso seco del material vegetal de los árboles descrito por Dauber *et al.* (2001), acumulado como resultado del proceso de fotosíntesis, en el cual ocurre la fijación del carbono atmosférico. El cálculo del carbono retenido por la biomasa en el sistema agroforestal cacaotero se describe a continuación:

El volumen de los fustes de árboles se convirtió en toneladas de biomasa:

$$BMF (t) = \text{volumen (m}^3\text{)} \times \text{densidad básica de la especie (kg/m}^3\text{)} / 1000.$$

La biomasa correspondiente a las ramas y follaje (biomasa aérea), se calculó utilizando el Factor de Expansión de la Biomasa cuyo valor es 1,74 (Brown, 1997 y Segura, 2001), quedando:

$$BMA (t) = BMF (t) \times FEB (s/u).$$

La biomasa de las raíces (BMR) se estimó multiplicando la biomasa del fuste por el valor por defecto 0,3 (Loguercio, 2002): $BMR(t) = 0,3 \times BMF(t)$.

La biomasa total (BMT) fue calculada como la suma de sus componentes.

$$BMT(t) = BMF(t) + BMA(t) + BMR(t).$$

El carbono retenido (CR) por las especies se calculó utilizando la fracción de carbono en la madera (FCM) determinada para las condiciones de Cuba por Mercadet *et al.* (2011).

El carbono retenido en la biomasa total (CRBT) se calculó utilizando la fracción de contenido de carbono en la madera (FCCM) determinada para las condiciones de Cuba por Mercadet *et al.* (2011):

$$CRBT(t) = BMT(t) \times FCCM$$

- Conversión del carbono calculado a carbono equivalente (CO_2e):

Para calcular cuánto representó el carbono retenido, en toneladas de CO_2 removido de la atmósfera, se multiplicó por $44/12$ ($3,67 t CO_2$), que es la relación existente entre el peso total de la molécula de CO_2 (44) y del átomo de carbono (12) (Díaz y Molano, 2001).

Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó a través de diferentes paquetes estadísticos: BioDiversity Pro, además se utilizó en Microsoft Excel para Windows 2000 para la confección de tabla y gráfico y análisis estadístico, el Microsoft Office Word para la elaboración del documento. Los datos se analizaron mediante regresión.

Resultados y discusión

Análisis de la curva área de especies

En la **figura 2** se observa los resultados obtenidos del muestreo según curva área – especie, mostrando que a partir de la parcela 11 se logra la asíntota vertical, significando que no se observa la aparición de nuevas especies en condiciones ambientales con las mismas características, pues se acepta el muestreo.

Con estos resultados se coincide con lo planteado por Mostacedo y Fredericksen (2000), Peña (2015) quienes plantean que es poco probable, que en otras áreas con las mismas condiciones ambientales se encuentren muchas más especies que ya determinadas.

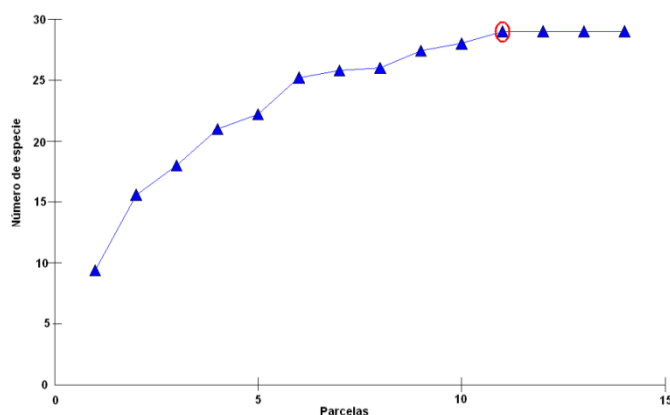


Figura 2. Curva de área-especie.

De acuerdo con los resultados que se muestran **figura 3**, del SAF, las especies de mayor importancia ecológica son: *Roystonea regia* con 59,98%, *Samanea saman* con 17,56%, *Gliricidia sepium* con 15,56%, *Trema micranthum* con 13,51% y *Cedrela odorata* con 13,38%.

Coincide con los valores que alcanzaron FAO (2018), al dejar claro que especies de valor de importancia ecológica, son la que mejor se corresponden a las condiciones edafoclimáticas, al tener un mejor funcionamiento fisiológico y permite una mayor probabilidad de sobrevivencia a corto, medio y largo plazo, además de eso que son las que mejor se desarrollan en el bosque o sistemas agroforestales: cacaotero, cafetalero, a través de su estructura horizontal y vertical.

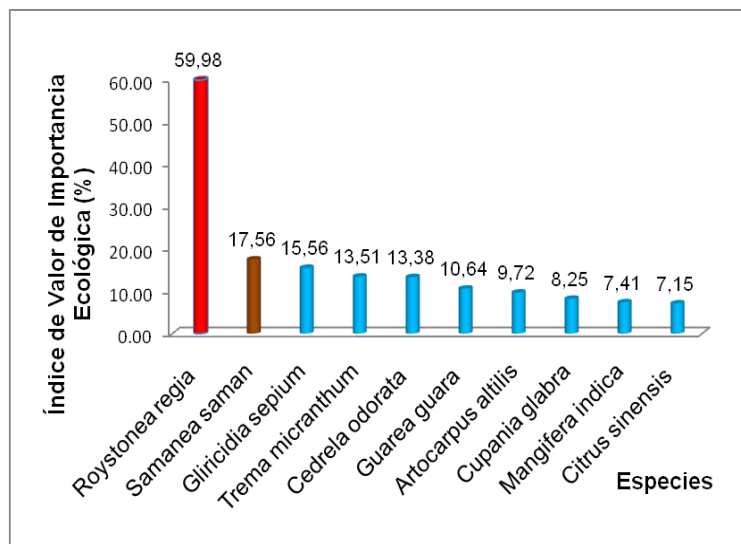


Figura 3. Índice de valor de importancia ecológica (IVIE) del SAF.

Determinación de captura de carbono del SAF cacaotero

Las especies del estudio retienen un total de 521, 956 t de carbono, a razón de 20, 874 t por individuo sobresaliendo en su aporte: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Theobroma cacao* y *Spondias mombin* con una retención de 298,026; 54,366, 51,711 y 36,386 t de carbono respectivamente (**tabla 1**).

Todas las especies evaluadas constituyen en su conjunto un almacén de carbono lo que a su vez permite que se les considere como una estrategia de conservación y de reducción de CO₂. De hecho, según Nowak *et al.* (1998), en términos de reducción del CO₂ atmosférico; los árboles ofrecen el doble beneficio: el almacenamiento directo de carbono y la disminución de la producción de CO₂ por parte de las plantas de energía que utilizan combustibles fósiles. Estos resultados permiten validar el criterio universal de que los bosques son sumideros naturales de carbono, como lo defendió Brown (2002), quedando demostrada la importancia de las especies forestales, por su aporte a la retención de carbono.

Estos resultados están acordes con Mercadet y Álvarez (2009) al plantear que una de las razones para poseer y reclamar más árboles en las ciudades es que estos atrapan el dióxido de carbono (CO₂), el gas de efecto invernadero con mayor impacto en el cambio climático. Algunos árboles tienen mayor capacidad de absorción que otros, un dato importante a la hora de plantar nuevos ejemplares con el objetivo de luchar contra el calentamiento global.

Estos resultados coinciden con Santoyo *et al.* (2014) al plantear que es recomendable que se efectúen estos esfuerzos en las grandes ciudades para incentivar un manejo adecuado y de permanencia del arbolado urbano y así potencializar los beneficios brindados por dicha vegetación. También Weissert *et al.* (2014) explican que ante la creciente emisión de gases de efecto invernadero, generados por el sector transporte en las ciudades, resulta relevante

buscar e implementar mecanismos de captura de carbono urbano, que ayuden a disminuir la presencia de esas emisiones en el ambiente.

Tabla1. Comportamiento de la captura de carbono del SAF cacaotero.

Nombre Científico	Total de individuos	Volumen (m³)	Densidad (kg / m³)	Biomasa fuste(t)	FEB	Biomasa aérea (t)	Biomasa raíces (t)	Biomasa total(t)	Total de Carbono en la Biomasa
<i>Bixa orellana</i>	12	0,048	600	0,173	1,74	0,301	0,090	0,391	0,180
<i>Persea americana</i>	9	0,181	600	0,979	1,74	1,704	0,511	2,215	1,019
<i>Samanea Saman</i>	28	9,166	570	52,248	1,74	90,912	27,274	118,186	54,366
<i>Terminalia catappa</i>	13	0,047	545	0,103	1,74	0,179	0,054	0,233	0,107
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	1	0,013	600	0,008	1,74	0,014	0,004	0,018	0,008
<i>Theobroma cacao</i>	295	0,316	450	49,697	1,74	86,473	25,942	112,415	51,711
<i>Cedrela odorata</i>	34	0,789	480	11,743	1,74	20,433	6,130	26,563	12,219
<i>Cocos nucifera</i>	8	0,326	500	3,700	1,74	6,438	1,931	8,369	3,850
<i>Annona muricata</i>	1	0,647	600	0,196	1,74	0,340	0,102	0,443	0,204
<i>Artocarpus altilis</i>	23	0,112	600	6,596	1,74	11,477	3,443	14,921	6,864
<i>Cupania glabra</i>	30	0,487	550	0,185	1,74	0,322	0,097	0,419	0,193
<i>Guazuma tomentosa</i>	6	0,039	510	8,698	1,74	15,135	4,541	19,676	9,051
<i>Psidium guajaba</i>	13	10,597	800	0,093	1,74	0,161	0,048	0,210	0,096
<i>Spondias mombin</i>	8	0,330	550	34,969	1,74	60,847	18,254	79,100	36,386
<i>Trichilia hirta</i>	5	0,595	600	0,990	1,74	1,722	0,517	2,238	1,030
<i>Gliricidia Sepium</i>	45	0,020	1120	25,980	1,74	45,205	13,562	58,767	27,033
<i>Sapium jamaicense</i>	1	0,009	600	0,012	1,74	0,021	0,006	0,027	0,012
<i>Melicococus bijugatus</i>	2	0,347	860	0,008	1,74	0,013	0,004	0,017	0,008
<i>Citrus reticulata</i>	8	3,853	600	1,459	1,74	2,539	0,762	3,301	1,518
<i>Mangifera</i>	7	0,101	600	11,559	1,74	20,112	6,034	26,146	12,027

<i>indica</i>									
<i>Citrus sinensis</i>	33	9,324	670	3,246	1,74	5,649	1,695	7,343	3,378
<i>Roystonea regia</i>	99	0,528	960	286,421	1,74	498,372	149,512	647,884	298,026
<i>Citrus paradisi</i>	5	0,078	600	1,900	1,74	3,307	0,992	4,298	1,977
<i>Cecropia peltata</i>	3	0,047	345	0,081	1,74	0,141	0,042	0,183	0,084
<i>Guarea guara</i>	38	0,048	740	0,585	1,74	1,019	0,306	1,324	0,609
Total	727	38	15650	501,629		872,836	261,853	1134,687	521,956
Promedio		1,522	626	20,065		34,913	10,474	45,387	20,878

Conclusiones

Las familias con mayor riqueza de especie en el Sistema Agroforestal cacaotero fueron: Malvaceae, Meliaceae y Fabaceae y la especie de mayor Índice de Importancia Ecológica fueron: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Gliricidia sepium*, *Trema micranthum* y *Cedrela odorata*

Las especies que obtuvieron los mayores valores en la retención de captura de carbono fueron: *Roystonea regia*, *Samanea saman*, *Theobroma cacao* y *Spondias mombin*.

Recomendaciones

Continuar realizando este trabajo en otra Unidad Básica Cooperativa (UBPC) de sistema agroforestal cacaotero en el Jamal Baracoa.

Proponer una estrategia de manejo con los resultados alcanzados a cumplir a corto, mediano y largo plazo en el sistema agroforestal cacaotero.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, Z. y Yaguana, C. 2012. Documento de orientación sobre métodos para medir a biodiversidad. Loja, Ecuador, p.72.
- Álvarez, P. A. y Varona, J. C., 2006. Silvicultura. Editorial Félix Varela. La Habana, p.354.
- Beals, W. 1984. Bray-Curtis ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Advances in Ecological Research* 14, pp. 1- 55.
- Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116: 363-372 [en línea]. Disponible en: <http://www.winrock.org/ecosystems/files/2002ForestCarbon.pdf> [Consultado: 10 de enero 2020].
- Brown, S. 1997. Los Bosques y El Cambio Climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. En: XI Congreso Forestal Mundial. Ankara, pp.107-121.
- Castillo, M., Morejón, M., Rodríguez, Y., Suárez, G., y Díaz, J. 2018. Evaluación del comportamiento florístico de un sistema agroforestal cacaotero en la Unidad Básica Agroindustrial de Café y Cacao (UBACC) el Jamal, Baracoa, Cuba, *Gestión Ambiental* N° 35, pp. 31-40.
- Díaz F., S. X. y Molano M., M. A. Cuantificación y Valoración Económica de la Captura de CO₂ por Plantaciones del género *Eucalyptus* Establecidas por el Preca en las Cuencas Carboníferas de César, Valle del Cauca-Cauca y altiplano Cundiboyacense. IUFRO-

- RIFALC: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono, 16-20 julio. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela, 2001, 18 p.
- Dauber, E., Terán, J. y Guzmán, R. 2001. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Iufro-Rifalc: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono; 16-20 de julio. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela, p. 17.
- FAO, 2018. Inventário Florestal Nacional de Angola, Instituto de Desenvolvimento Florestal (IDF). Resultados Preliminares do Inventário Florestal Nacional, Luanda/IDF/MINAGRI. 1ª Edicao – IDF. Luanda, pp. 85.
- García, MLE., Valdéz, HJI., Luna, CM., López, MR 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21: pp. 69-82.
- Hernández Alarcón, ME., Marín-Muñiz JL., Moreno-Casasola P y Hernández, V. 2015. Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes (CH₄ and CO₂) in freshwater forested wetlands vs flooded grasslands in the coastal plain of Veracruz, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, vol.11 (1):pp. 5-16.
- Loguercio, G. A. 2002. Fijación de carbono: Un beneficio adicional para proyectos forestales en Patagonia. *Patagonia Forestal* 8 N° 2, p 45.
- Margalef, R., 1968. *Perspectives in ecological theory*. The University of Chicago Press. Chicago, Londres. p 111.
- Mercadet, A., Álvarez, A., Escarré, A., Ortiz, O. 2011. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas [en línea]. Disponible en: http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf [Consulta: 30 de abril 2020].
- Mercadet, P. A. y Álvarez, B. A. Metodología para el establecimiento de la línea de base de retención de carbono por las Empresas Forestales de Cuba. Informe final de proyecto «Cambio climático y el sector forestal cubano: segunda aproximación» 11/05/03. Programa Ramal de Medio Ambiente. MINAGRI. Instituto Forestal Nacional. La Habana, 2005, p. 27.
- Mercadet, P. A. y Álvarez, B. A. 2009. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. EN: Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. Publicado por: RED CYTED 406RT0285 “Efecto cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica”, pp. 107-118. ISBN: 978-987-96413-7-8.
- Mercadet, A. y A. Álvarez. 2009. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Ortega, F., Fernández, L. y A. Volpedo. Efecto de cambios globales sobre el ciclo de carbono. RED CYTED 406RT0285. Efecto cambios globales sobre los humedales de Ibero América. pp. 107-118.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). 1983. Norma Ramal 595. Tratamientos Silvícolas., p 25.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Editorial El País. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible, Santa Cruz, Bolivia. p 92.
- Nowak, D.; McHale, J.; Ibarra, M.; Crane, D.; Stevens, J. y Luley, C. 1998. Modelling the effects of urban vegetation on air pollution. *Air pollution and its applications XII*. Plenum Press.
- Ortiz, E. y Carrera, F. 2002. Estadística Básica para Inventarios Forestales. para Bosques Latifoliados en América Central, pp. 71 – 117.

- Peña, 2015. Revista Cubana de Ciencias Forestales Año 2016. Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río «Yara» en el tramo urbano del municipio «Yara», vol.4 (1), p.21.
- Pérez N.J., Valdés V.E., Ordaz C.V. 2012 Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. Terra Latinoamericana 30: pp. 249-59.
- Santoyo- Gómez, G., Rojas-García, F. y Benavides, H., 2014. Contenido de Carbono en el bosque urbano de la Ciudad de México: Delegación Miguel Hidalgo. S.l.: s.n., pp. 208-214.
- SEGURA, M.2001. Estimación de Carbono en Ecosistemas Tropicales: Los aportes de modelos de biomasa. En: Curso Internacional “Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético: Oportunidades de Desarrollo para Países Latinoamericanos”. CATIE-PNUD, C. Rica, pp.24-28.
- Shannon-W., 1968. Diversidad biológica: definición, medición y espectros. Disponible. [http://. www tarwi.lamolina.edu.pe/acg/ diversidad-biologica.htm](http://www.tarwi.lamolina.edu.pe/acg/diversidad-biologica.htm).
- Tintaya, M. 2015. Evaluación de especies en sistemas agroforestales de la comunidad capellanía, municipio de Coroico del departamento de la Paz. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia, p.93.
- Weissert, L.F., Salmond, J. A. y Schwendenmann, L., 2014. A review of the current progress in quantifying the potential of urban forests to mitigate urban CO2 emissions. Urbano Climate [en línea], Vol. 8 (1), pp. 100-125.