



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

**“CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DOS PARCELAS
AGROFORESTALES CON CACAO”**

Trabajo de investigación para optar al grado académico de
BACHILLER EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Presentado por:

DIANA DANET LUCANO LÓPEZ;
JUDITH VARGAS MATUTE;
RAQUEL CELESTINO AYALA,
CYNTHIA PAOLA APOLAYA TIPICIANO
LEAN LEE LIZU CRESPO ROJAS

Asesor:

Alfonso Diulio Lizarraga Travaglini

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°026-2019-DACIAF-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

Lima, 27 de agosto de 2019

VISTO:

El informe de revisión de antiplagio y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **"CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DOS PARCELAS AGROFORESTALES CON CACAO"**, presentado por:

- **DIANA DANET CASANDRA LUCANO LOPEZ**
- **JUDITH VARGAS MATUTE**
- **RAQUEL CELESTINO AYALA**
- **CYNTHIA PAOLA APOLAYA TIPICIANO**
- **LEAN LEE LIZU CRESPO ROJAS**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los Reglamentos de Pregrado para obtener el Grado Académico de Bachiller en **Ingeniería Agroforestal** de la **Carrera de Ingeniería Agroforestal**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera,

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **"CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DOS PARCELAS AGROFORESTALES CON CACAO"** con N° de registro de la Carrera: **02_TI_IAF_2019**, y nombrar al colaborador **MSc. ALFONSO DIULIO LIZÁRRAGA TRAVAGLINI** como asesor para el desarrollo del trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



MSc. Alfonso Diulio Lizarraga Travaglini
Director Académico de Carrera
Ingeniería Agroforestal

CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN DOS PARCELAS AGROFORESTALES CON CACAO

Diana Lucano; Judith Vargas; Raquel Celestino, Cynthia Apolaya & Lean Crespo

Carrera de Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Carretera Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador, Lima, Perú.

RESUMEN

En el Fundo LUFÉ I, ubicado en el Caserío La Victoria, distrito de Campo Verde en Pucallpa se evaluó el crecimiento, productividad y almacenamiento de carbono del componente forestal en dos parcelas contiguas (A y B) con un mismo sistema agroforestal basado en plantas de cacao de tres y cuatro años de edad. Se midieron variables cualitativas (cruzamiento de ramas, rectitud de tronco, forma de fuste, calidad de fuste y raleo) y cuantitativas (altura total, altura comercial, DAP y cantidad de trozas comerciales) de todos los árboles en ambas parcelas (*Guazuma crinita*, *Calycophyllum spruceanum* y *Swietenia macrophilla*). La parcela A presentó un mejor performance de las variables cualitativas y cuantitativas con el 63 % de los árboles con fuste recto, a diferencia del 57 % de la parcela B, en calidad de fuste 70 % bueno y 54 % malo. Ninguna parcela presentó raleo ni cruzamiento de ramas, y el 100 % de ambas parcelas tenía un estado fitosanitario excelente, la parcela A presentó mayor promedio de DAP, volumen comercial, IMA, altura total, altura comercial y área basal asimismo con un almacenamiento de carbono de 4.69 t/c/ha en comparación a 2.10 t/c/ha carbono de la parcela B, y con 253 trozas comerciales a diferencia de 114 trozas para la parcela B.

Palabras claves: biomasa aérea, biomasa radicular, almacenamiento de carbono, calidad de plantación, sistema agroforestal.

INTRODUCCIÓN

El aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) es una preocupación mundial debido a que es uno de los seis principales gases de efecto invernadero (GEI), lo que contribuye en mayor proporción al cambio climático (Poveda, Orozco, Medina, Cerda, & López, 2013). Los resultados de la última evaluación de los recursos forestales mundiales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) indican que entre 1990 y 2015 la superficie forestal mundial disminuyó un 3 %, siendo los bosques tropicales los más afectados con alrededor de 200 millones de hectáreas debido a factores naturales y humanos como incendios, sequía, agricultura, entre otros (Keenan et al., 2015). En América Latina, durante la última década, grandes áreas de los bosques tropicales han sido deforestadas y convertidas a la ganadería extensiva; esta conversión de bosques a tierras de cultivo y pasturas se asocia con la demanda mundial de alimentos y combustible. De continuar esta expansión podría haber impactos significativos en la biodiversidad, los ecosistemas naturales, la agricultura tradicional y los derechos sobre la tierra (Graesser, Aide, Grau, & Ramankutty, 2015).

Los bosques tropicales naturales tienen una gran cantidad de biomasa y son importantes en la captura de carbono a diferencia de otros tipos de uso del suelo (Olorunfemi, Komolafe, Fasinmirin, & Olufayo, 2019). El carbono se almacena en un 60 % sobre el suelo y 40 % en la biomasa subterránea (Dixon et al., 1994; Mujuru, Gotora, Velthorst,

Nyamangara, & Hoosbeek, 2014); sin embargo, el 60 % de los 2,6 Pg. de carbono que los bosques absorben anualmente, se libera a la atmósfera a través de la deforestación (Assefa, Mengistu, Getu, & Zewdie, 2013). En la Amazonia peruana los bosques son deforestados y degradados por diversos factores como la agricultura migratoria, ganadería, minería, entre otros; siendo la agricultura el principal motor de la deforestación. y la destrucción del hábitat en los trópicos (Wright & Muller-landau, 2006). La deforestación también es responsable del 10-12 % de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) y se espera que las emisiones anuales aumenten aún más durante las próximas décadas (Smith et al., 2007). Los árboles cumplen un rol importante de regulación en la concentración de CO₂ en la atmósfera debido a que el proceso de fotosíntesis permite almacenar carbono en sus estructuras leñosas (Gerardo, Estuardo & Alvarado, 2018).

Las principales alternativas para la mitigación del cambio climático son los bosques, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales (Ibrahim et al., 2007), y su relevancia depende del clima, suelo, biodiversidad, la composición y manejo de las especies vegetales (Waldén, Ollikainen, & Kahiluoto, 2019). La alternativa agroforestal por lo tanto, es parte de una estrategia para la mitigación de GEI, la generación de beneficios económicos y la producción de alimentos en los trópicos (Rizvi et al., 2019); (Watson et al., 2000), y está demostrado que la agroforestería es importante en la captura de carbono, generando servicios ecosistémicos, para la protección de la biodiversidad y la conservación del suelo (Shibu, 2009); y se estima que la conversión de la agricultura convencional a sistema agroforestal aumenta significativamente las

existencias de carbono en el suelo entre 26 – 40 %, dependiendo de la profundidad del suelo (De Stefano & Jacobson, 2018).

Por esta razón, la agroforestería se define como la integración de árboles, cultivos, arbustos y pastos con animales para la sostenibilidad económica, ecológica y social (Montagnini, Ibrahim, & Murgueitio, 2013), implica una mayor capacidad para almacenar carbono en forma de biomasa a diferencia de la producción convencional de cultivos (Lapeyre, Alegre, & Arévalo, 2004). De manera particular las fincas orgánicas con sistemas agroforestales almacenan 43 % más carbono que las convencionales (Häger, 2012) y son más rentable que las fincas a base de monocultivos (Waldén et al., 2019). En Etiopía los ingresos netos por la producción de frutos sistemas agroforestales es de dos a cuatro veces superior a la de monocultivos (Kassa, 2015), aunque se reporta inclusive de tres a seis veces más utilidades al comparar la producción agroforestal con la de monocultivos (Linger, 2014; Peiris et al., 2003). Existen diversos vacíos de información sobre la calidad y almacenamiento de carbono en la biomasa arbórea, especialmente cuando ha existido cambio de uso de suelo, como ha sucedido en varias localidades de la selva peruana, de manera particular de pastizales al sistema agroforestal basado en cacao, razón del presente estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron dos fincas contiguas de cacao con sistema agroforestal que inicialmente fueron suelos degradados, ubicadas en el fundo LUFÉ I en el distrito de Campo Verde,

provincia Coronel Portillo en Ucayali-Perú. El fundo está ubicado en las coordenadas UTM 18L 533866 Este y Norte 9068031 a una altitud de 210 m.s.n.m, (Fig. 1), caracterizado por suelos ultisoles; textura entre franco a franco arcilloso, clima húmedo; temperatura promedio de 26.4 ° C y una precipitación de 1667 mm/año.

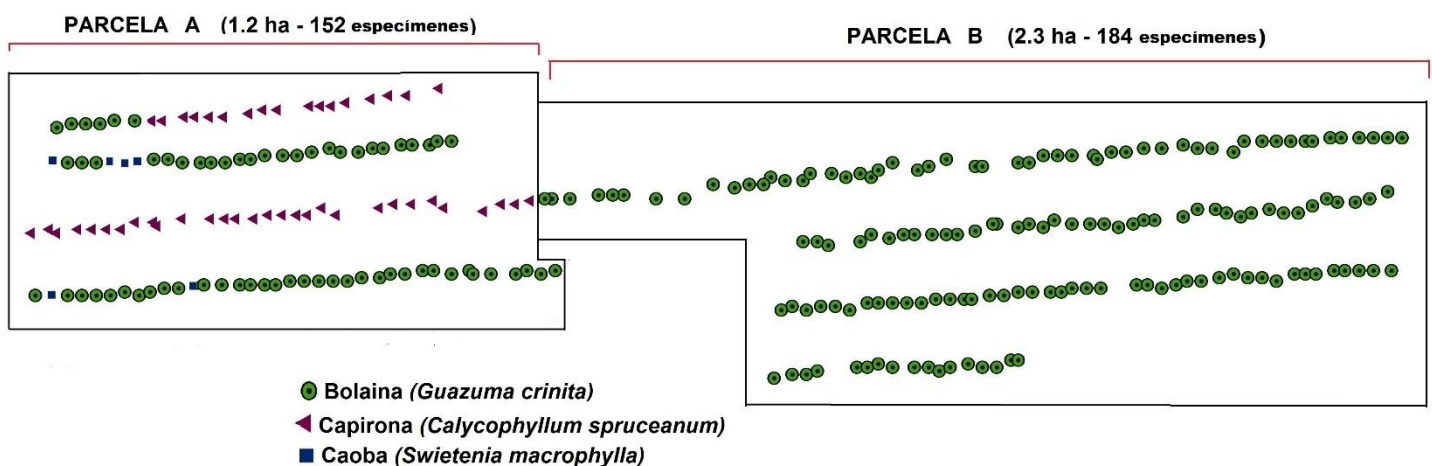
En ambas parcelas las plantas de cacao estaban constituidas por injertos de cuatro clones (ICS-95, ICS-39, TSH-565 y ICS-1) y patrón criollo. Las parcelas con plantas de cacao distribuidas en filas de 60-70, y las filas alternando diferentes clones y especies maderables, bolaina (*Guazuma crinita*), capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) como recalce (Tabla 1).

Tabla 1: Características de dos parcelas de cacao (A y B) evaluadas bajo sistema agroforestal.

Parcela	Área (ha)	Edad de plantación (años)	Procedencia de especies forestales		N° de individuos contabilizados	N° total de individuos	
A	1.2	4	bolaina	Palcazú	bolaina	94	
			capirona	Palcazú	capirona	51	152
			caoba	Pucallpa	caoba	7	
B	2.3	3	bolaina	Yarinacocha	bolaina	183	
			caoba	Pucallpa	caoba	1	184

El distanciamiento entre plantas de cacao es de 3 x 3 m en ambas parcelas y 15 x 24 m entre especies maderables. Se evaluó el 100% de los árboles maderables; variables cuantitativas con ayuda del Hipsómetro, clinómetro, cinta métrica y GPS: altura total (m), Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm), altura comercial, número de trozas tomando como referencia 3 m de largo para contabilizar una troza; variables cualitativas: calidad de fuste, forma de fuste, raleo, cruzamiento de ramas y estado fitosanitario. El factor de forma usado para el cálculo de volumen de árboles en pie acuerdo a la edad y las especies presentes fue de 0.58 según lo reportado en otras investigaciones similares.

Figura. 1: Distribución de árboles de sombra en dos parcelas de cacao (A y B) bajo sistema agroforestal.



Para el cálculo de carbono en la biomasa arbórea, se usó la siguiente ecuación alométrica: $BA = 0.1184 \times DAP^{2.53}$ donde: BA = biomasa aérea de árboles vivos, 0.1184 = Constante, DAP = (cm) y 2.53 = Constante, usado por (Timoteo et al., 2016) y para el

cálculo de biomasa radicular: $BR = \exp(-1.0587 + 0.8836 * \ln BA)$ (Solisa, Zamora, Marín, & Argoted, 2018).

RESULTADOS

El 63 % de los árboles evaluados en la parcela A presentan un fuste recto, a diferencia del 57 % de la parcela B; también la parcela A (70 % bueno) presentó una mejor calidad de fuste respecto a la parcela B (54 % malo). Ninguna parcela presentó raleo ni cruzamiento de ramas, y el 100 % de ambas parcelas tenía un estado fitosanitario excelente (Tabla 2).

Tabla 2: Calidad forestal de dos parcelas de cacao (A y B) bajo sistema agroforestal.

Parcela	Forma de fuste (%)	Calidad de fuste (%)	Raleo (%)	Cruzamiento de ramas (%)	Estado fitosanitario
A	(1) 14	(1) 2	(2) 100	(2) 100	(2)100
	(2) 1	(2) 11			
	(3) 3	(3) 14			
	(4) 0	(4) 70			
	(5) 18	(5) 3			
	(6) 63				
B	(1) 13	(1) 1	(2) 100	(2) 100	(2)100

(2) 0	(2) 54
(3) 11	(3) 13
(4) 0	(4) 33
(5) 19	(5) 0
(6) 57	

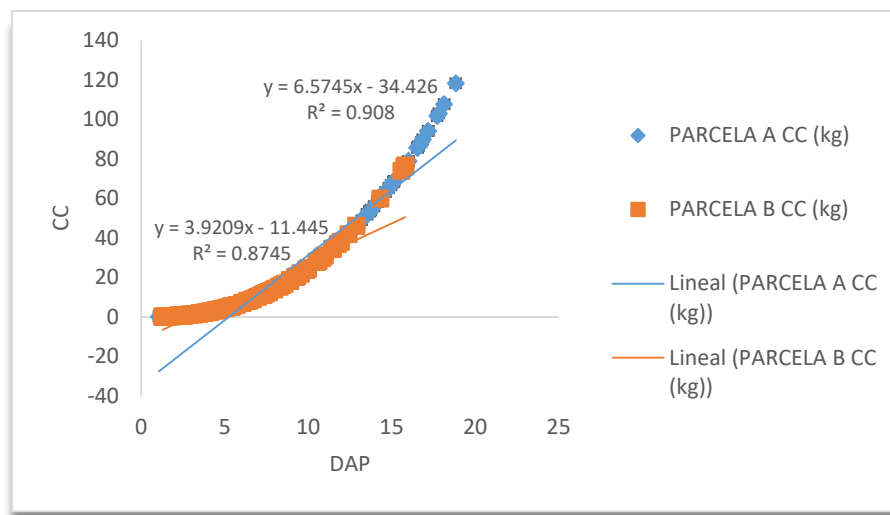
Forma de fuste: (1) Bifurcado, (2) Torcido irregular, (3) Torcido fuerte, (4) flecha; (5) Torcido leve, (6) Recto; Calidad de fuste: (1) Muy malo: (2) Malo, (3) Regular, (4) Bueno, (5) Muy bueno; Raleo: (1) Si, (2) No; Cruzamiento de ramas: (1) Si, (2) No; Plagas o enfermedades: (1) Presente, (2) Ausente.

Existen diferencias entre las parcelas A y B, siendo la parcela A la que presentó mejores respuestas en crecimiento lo que se ve reflejado en el IMA (Incremento Medio Anual) (Tabla 3), la correlación del DAP y el almacenamiento de carbono indican que, a mayores diámetros, mayor capacidad de almacenaje, influenciado por la edad de las plantas (Fig. 2).

Tabla 3: Variables de crecimiento para dos parcelas de cacao bajo sistema agroforestal.

Parcela	Edad (años)	Densidad (especímenes/ ha)	DAP (cm)	IMA DAP (cm/año)	Altura	
					Total (m)	IMA altura (m/año)
A	4	127	9.93	2.48	8.03	2.01
B	3	80	5.83	1.94	5.13	1.71

Fig. 2: Regresión de carbono (kg) por DAP (cm) en la parcela A y B.

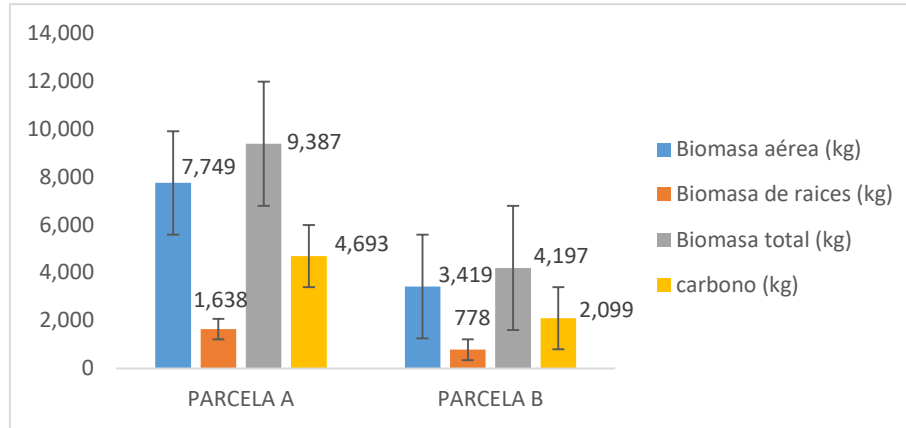


Con respecto a productividad la parcela A presento los mejores resultados a los indicadores evaluados (Tabla 4). Asimismo, el almacenamiento de carbono fue mayor con 4.69 t/c/ha almacenado frente a un 2.10 t/c/ha.

Tabla 4: Productividad para dos parcelas de cacao con el mismo sistema agroforestal.

Parcela	Área basal (m ² /ha ⁻¹)	Volumen comercial (m ³ /ha ⁻¹)	IMA Volumen (m ³ /ha ⁻¹ /año ⁻¹)	N° de trozas comerciales
A	1.13	3.5	0.9	253
B	0.30	0.9	0.3	114

Figura 4: biomasa y almacenamiento de carbono de dos parcelas de cacao con el mismo sistema agroforestal.



DISCUSIÓN

Los árboles dentro de los sistemas agroforestales pueden ocupar un reducido porcentaje del área, ya que en muchos casos la mayor cantidad del espacio se destinada a un cultivo principal, como sucede con el cacao. La asociación árboles – cacao, conforman un sistema agroforestal bastante específico, puede proporcionar como valor ecosistémico una amplia diversidad biológica, especialmente por insectos que se comportan como enemigos naturales de plagas (Murthy et al., 2013). Esta orientación biológica concuerda con el producto de las evaluaciones realizadas en el presente estudio en donde ambas parcelas presentaron un excelente estado fitosanitario, presumiblemente debido a un equilibrio entre controladores biológicos e insectos fitófagos, y a la composición de esta simbiosis arbórea sobre la prevención de hongos patógenos como monilia. Esta relación está probada en sistemas orgánicos y

agroforestales, la abundancia y riqueza de insectos en campos convencionales y orgánicos presenta diferencias significativas de coleópteros e himenópteros, fitófagos y entomófagos en huertas orgánicas (Zalazar & Salvo, 2007); sin embargo los factores abióticos inciden en las relaciones insecto – planta, en los sistemas agroforestales de cacao existiendo así una menor población de insectos plaga en invierno y una mayor población de insectos benéficos que ejercen control hasta del 50 %, influyendo además el porcentaje de sombra sobre el cacao (Washington et al., 2016).

Con respecto a las variables de crecimiento, productividad y almacenamiento de carbono es notoria la amplia variabilidad en ambas parcelas medidas, en la parcela A se reportaron mejores resultados que la parcela B pudiéndose deber en gran parte a la calidad de los sitios donde se establecieron ambas plantaciones o calidad genética del material vegetal cabe precisar que la bolaina presente en ambas parcelas evaluadas procede de dos diferente lugares (Palcazú y Yarinacocha). El crecimiento y la calidad son determinados por la interacción entre las características genéticas, del lugar por la competencia de recursos y el manejo de la plantación (Froese, Lemay, Marshall & Zumrawi, 2002). Los resultados de Vaides, Ugalde & Galloway (2004) son similares a los nuestros respecto a las variables de crecimiento para el caso de plantaciones de teca; sin embargo, existe una variación significativa en relación a la altura y diámetro de los árboles para el caso de *Guazuma crinita* en Aguaytia (Rochon, Margolis & Weber, 2007), igual sucede con *Calycophyllum spruceanum*, donde existe una variación significativa respecto a la altura en relación a la procedencia y zona de siembra (Weber & Sotelo, 2005).

Las plantaciones de *Calycophyllum spruceanum* de aproximadamente cinco años de edad en la cuenca del río Aguaytía, presentan crecimiento y productividad elevada en la zona alta respecto a la zona baja, lo que demuestra la importancia de la selección del lugar para la plantación de algunas especies arbóreas (Ugarte & Dominguez, 2010), especialmente si se pretenden asociar con cacao, como se ha observado en nuestro experimento.

Los resultados de almacenamiento de carbono de 4.69 t/c/ha y 2.10 t/c/ha no concuerdan con lo reportado por otras investigaciones debido a que el contenido de carbono estimado en el presente estudio solo fue del componente forestal; sin embargo, se estima que los valores encontrados de almacenamiento de carbono serían una contribución muy positiva tomando en cuenta la densidad de la plantación y el escaso número de especímenes evaluados. Estimaciones de captura de carbono del cultivo de cacao, biomasa por debajo del suelo y necromasa, otorgarían valores superiores a lo reportado por este estudio, considerando que el almacenamiento de carbono varía en función del sistema de uso del suelo, edad, diámetro, altura del componente forestal, tipos de especies y densidad. Al respecto, Concha, Alegre, & Pocomucha, (2007) señalan que la captura de carbono no está relacionada a la edad de los sistemas sino a la diversidad de las especies propias de cada sistema y en función de las prácticas silviculturales y manejo adecuado de la plantación, en donde la captura de carbono en la biomasa arbórea y hojarasca osciló entre 12.09 t/c/ha para un sistema agroforestal en San Martín, donde el cacao estuvo asociado con árboles de mango, pucaquiro, capirona, coco y otros cultivos y 35.5 t/c/ha para asociación con huicungo, y

árboles como cedro, shaina y guaba. La acumulación de carbono en la biomasa y necromasa aérea han sido similares considerando las diferencias del periodo de la plantación bajo sistemas agroforestales (Kursten & Burschel, 1993; Timoteo et al., 2016); lo que reafirma la alta dependencia de las especies arbóreas respecto a la densidad de la plantación, la edad de los componentes, de las condiciones locales, el clima, el tipo de suelo y las prácticas de manejo en un sistema agroforestal.

CONCLUSIONES

Las variables evaluadas con respecto a la calidad y almacenamiento de carbono en dos parcelas de cacao (A y B) bajo sistema agroforestal muestra una gran variabilidad entre ambas parcelas pese a ser contiguas, poseer el mismo manejo de plantación y similar sistema agroforestal, siendo la parcela A la que presentó los mejores indicadores con respecto a crecimiento, productividad y almacenamiento de carbono, lo que demostraría la influencia de la interacción entre las características genéticas y la calidad del sitio (alta variabilidad de las propiedades físicas y químicas en los suelos tropicales). Por otra parte, con respecto a las variables cualitativas de calidad forestal, el 63 % de los árboles de la parcela A presento fuste recto y un 70 % de calidad de fuste bueno, asimismo ninguna parcela presentó raleo ni cruzamiento de ramas y el 100 % de ambas parcelas tenía un estado fitosanitario excelente, lo que evidenciaría un equilibrio entre controladores biológicos e insectos fitófagos necesarios para la prevención de plagas o enfermedades del cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assefa, G., Mengistu, T., Getu, Z., & Zewdie, S. (2013). *Training Manual on: Forest Carbon Pools and Carbon Stock Assessment in the context of SFM and REDD+*. Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources.
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6.
- De Stefano, A., & Jacobson, M. G. (2018). Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. *Agroforestry Systems*, 92(2), 285–299. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0147-9>
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science*, 263(5144), 185–190. <https://doi.org/10.1126/science.263.5144.185>
- Froese, K., LeMay, V., Marshall, P., & Zumrawi, A. A. (2002). *Small Tree Height Increment Models for PrognosisBC, IDFdm2 Subzone Variant, Invermere Forest District*. Retrieved from http://web.forestry.ubc.ca/prognosis/documents/smalltree_invermere.pdf
- Gerardo, H., Estuardo, E., & Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137–153. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32201>
- Graesser, J., Aide, T. M., Grau, H. R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>
- Häger, A. (2012). The effects of management and plant diversity on carbon storage in coffee agroforestry systems in Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 86(2), 159–174.

<https://doi.org/10.1007/s10457-012-9545-1>

- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., ... Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería En Las Américas*, (45), 27–36.
- Kassa, G. (2015). Profitability analysis and determinants of fruit tree based agroforestry system in Wondo District, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 10(11), 1273–1280. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9272>
- Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, 352, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- Kursten, E., & Burschel, P. (1993). CO₂- Mitigation by Agroforestry. *Water, Air, and Soil Pollution*, 70, 533–544. <https://doi.org/10.1007/BF01105020>
- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arévalo, L. (2004). Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3, 35–44. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.92.089801>
- Linger, E. (2014). Agro-ecosystem and socio-economic role of homegarden agroforestry in Jabithenan district North-Western Ethiopia: implication for climate change adaptation. *SpringerPlus*, 3(154), 1–9.
- Montagnini, F., Ibrahim, M., & Murgueitio, E. (2013). Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts Des Tropiques*, 67(316), 3–16.
- Mujuru, L., Gotor, T., Velthorst, E. J., Nyamangara, J., & Hoosbeek, M. R. (2014). Soil carbon and nitrogen sequestration over an age sequence of *Pinus patula* plantations in Zimbabwean Eastern Highlands. *Forest Ecology and Management*, 313, 254–265. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.024>

- Murthy, I. K., Gupta, M., Tomar, S., Munsi, M., Tiwari, R., Hegde, G. T., & Nh, R. (2013). Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems in India. *Earth Science & Climatic Change*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000131>
- Olorunfemi, I. E., Komolafe, A. A., Fasinmirin, J. T., & Olufayo, A. A. (2019). Biomass carbon stocks of different land use management in the forest vegetative zone of Nigeria. *Acta Oecologica*, 95(December 2018), 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.01.004>
- Peiris, W. B. K., Fernando, M. T. N., Hitinayake, H. M. G. S. B., Dassanayake, K. B., Gunathilake, H. A. J., & Subasinghe, S. D. J. N. (2003). Economic Feasibility and Biological Productivity of Coconut-Based Agroforestry Models in Sri Lanka. *Cocos*, 15(0), 38–52. <https://doi.org/10.4038/cocos.v15i0.2187>
- Poveda, V., Orozco, L., Medina, C., Cerda, R., & López, A. (2013). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, nicaragua. *Agroforestería de Las Américas, Avances de Investigación* 42, 49, 9. Retrieved from http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5760/Almacenamiento_de_carbono_en_sistemas_agroforestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rizvi, R. H., Newaj, R., Chaturvedi, O. P., Prasad, R., Handa, A. K., & Alam, B. (2019). Carbon sequestration and CO2 absorption by agroforestry systems: An assessment for Central Plateau and Hill region of India. *Journal of Earth System Science*, 128(3). <https://doi.org/10.1007/s12040-019-1071-3>
- Rochon, C., Margolis, H. A., & Weber, J. C. (2007). Genetic variation in growth of *Guazuma crinita* (Mart .) trees at an early age in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 243, 291–298. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.025>
- Shibu, J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>

- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., ... Sirotenko, O. (2007). Agriculture. Chapter 8. In *Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Solisa, R., Zamora, A., Marín, J., & Argoted, K. (2018). Estimación de contenido de carbono en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) en Yurimaguas , Loreto. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4, 4–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1066>
- Timoteo, K., Remuzgo, J., Valdivia, L., Sales, F., García, D., & Abanto, C. (2016). Estimación del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el departamento de Huánuco. *Folia Amazónica*, 25(1), 45–54.
- Ugarte, L., & Dominguez, G. (2010). índice de sitio (IS) de *Calycophyllum spruceanum* Benth. en relación con la altura dominante del rodal en ensayos de plantación en la cuenca del Aguytía, Ucayali, Perú. *Ecología Aplicada*, 9(2).
- Vaides, E., Ugalde, L., & Galloway, G. (2004). Crecimiento y productividad de teca en plantaciones forestales jóvenes en Guatemala. *Recursos Naturales y Ambiente*, 137–145.
- Waldén, P., Ollikainen, M., & Kahiluoto, H. (2019). Carbon revenue in the profitability of agroforestry relative to monocultures. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00355-x>
- Washington, J., Lucio, A., Valverde, H., Quijije, R., Bayas, F., & Merino, O. (2016). Evaluación de la fauna inséctil en tres Sistemas Agroforestales Utilizando Como base el cultivo de Cacao. *Revista Enlace Universitario*, 42–46.
- Watson, R., Noble, I., Bolin, B., Ravindranath, N. ., Verardo, D., & Dokken, D. (2000). Land use, land use change and forestry. *Cambridge University*, 1–22. <https://doi.org/10.4337/9781849805834.00023>

- Weber, J. ., & Sotelo, C. (2005). Variation and Correlations Among Stem Growth and Wood Traits of *Calycophyllum spruceanum* Benth . from the Peruvian Amazon. *Silvae Genetica*, 54–1, 31–41. <https://doi.org/10.1515/sg-2005-0005>
- Wright, S. J., & Muller-landau, H. C. (2006). The Future of Tropical Forest Species. *Biotropica*, 38(3), 287–301. <https://doi.org/DOI 10.1111/j.1744-7429.2006.00154.x>
- Zalazar, L., & Salvo, A. (2007). Entomofauna asociada a cultivos hortícolas orgánicos y convencionales en Córdoba, Argentina. *Neotropical Entomology*, 36(5), 765–773. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2007000500019>