

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Cuantificación del Stock de Carbono Fijado en el Sistema  
Agroforestal de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) CCN-51, en  
asociación con Plátano (*Musa Paradisica* L.) en el Distrito de  
Puerto Inca – Huánuco 2021**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Dalmy Ochoa López

**Asesor:**

Mtra. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez

**Tarapoto, diciembre de 2021**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Yo, Mtra. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“CUANTIFICACION DEL STOCK DE CARBONO FIJADO EN EL SISTEMA AGROFORESTAL DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.) CCN-51, en asociación con Plátano (*Musa Paradisica* L.) en el Distrito de PUERTO Inca – Huánuco 2021”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Dalmy Ochoa López para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 25 días del mes de mayo del año 2022.



---

Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 3 día(s) del mes de diciembre del año 2021, siendo las 09:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Jessica Quipas Pezo, el (la) secretario(a): Mtro. Jhon Patrick Rios Bartra y los demás miembros: Ing. Juana Elizabeth Vasquez Vasquez

y el (la) asesor(a) Mtra. Kätterin Jina Luz Pinedo Gomez con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Cuantificación del Stock de Carbono Fijado en el Sistema Agroforestal de Cacao (Theobroma Cacao) CCN-51, en asociación con Plátano(Musa Paradisica) en el Distrito de Puerto Inca-Huanuco 2021.

del(los) bachiller(es): a) Dalmy Ochoa Lopez

b)

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Dalmy Ochoa Lopez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado				

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

  
\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

## **Resumen**

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de cuantificar el contenido de carbono fijado en sistemas del cultivo de cacao con plátano. Para tal efecto se seleccionó tres parcelas de cacao con plátano de uno, dos y siete años de edad, en cada parcela se realizó semi calicatas de 1 x 1 x 0.20 m. en cada cuadrante señalado de 4 x 25 m. además se recolecto para la recolección de hojarasca se hizo en un área de 0.25 m<sup>2</sup>, para herbases y arbóreas se trabajó en un área de 1 m<sup>2</sup>, se realizó en cada sistema forestal. La comparación de carbono almacenado en los diferentes componentes y edades del agroecosistema (cacao y plátano) se determinó mayor contenido de carbono en agroecosistema de un año seguido de dos años y tercero de siete años respectivamente. La biomasa aérea no hay diferencias estadísticas entre las biomásas hojarasca, herbáceas y arbustos. Pero mayor contenido de carbono almacenado se presentó en sistema de un año. Respecto al contenido de carbono en la biomasa desuelo, se determinó mayor contenido a los 10 centímetros en todas las edades de agroecosistema, determinado que a mayor altura disminuye el contenido de carbón.

**Palabras clave:** biomasa, carbón, suelo, hojarasca, herbáceas y arbóreas

## **Abstract**

The present research work has the purpose of quantifying the carbon content fixed in cocoa cultivation systems with banana. With this effect, three cocoa plots with plantain of one, two and seven years of age were selected, in each plot semi-calyxes of 1 x 1 x 0.20 m were made. in each quadrant indicated 4 x 25 m. In addition, it was collected for the collection of litter, hoisted in an area of 0.25 m<sup>2</sup>, for herbases and trees, an area of 1 m<sup>2</sup> was worked, it was carried out in each forest system. The comparison of carbon stored in the different components and ages of the agroecosystem (cocoa and banana) was determined to have a higher carbon content in agroecosystem than one year followed by two years and third of seven years respectively. Aerial biomass There are no statistical differences between litter, herbaceous and shrub biomass. But higher carbon content was presented in a one-year system. Regarding the carbon content in soil biomass, a higher content at 10 centimeters was determined in all ages of agroecosystem, determined that the higher the carbon content decreases.

**Keywords:** biomass, coal, soil, litter, herbaceous and arboreal

## **Introducción**

El cambio climático se ha convertido en una de las amenazas más preocupantes para el medioambiente global, debido al gran impacto negativo que está causando en la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía mundial, los recursos naturales y la infraestructura física (Concha et al., 2007). Estos cambios se atribuyen principalmente al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), 2-4-2 clorofluorocarbonos (CFC) y vapor de agua, que contribuyen al incremento global de la temperatura (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2007). Desde hace algún tiempo se reconoce la importancia de los bosques como generadores de bienes y servicios tales como productos forestales, conservación de recursos naturales como el suelo y el agua, protección de belleza escénica, reservorios de biodiversidad, fijación y almacenamiento de carbono. Sobre este último punto se reconoce que las masas forestales juegan un papel importante en los ciclos biogeoquímicos a nivel de la biosfera y en particular en el ciclo global del carbono. (Dixon et al., 1994). Dicho ciclo afecta la concentración atmosférica del dióxido de carbono, que se considera un gas clave en el efecto de invernadero. (Brown, 1996)

El cultivo de cacao en la Provincia de Puerto Inca, se inició en la segunda parte de la década de los 80 y la primera parte de la década de los 90, con un proyecto impulsado con recursos económicos de las Naciones Unidas, con resultados favorables. Luego, a partir del año 2000 el Programa de Desarrollo Alternativo en las zonas de Pozuzo – Palcazu – PRODAPP, inicia nuevamente con el cultivo de cacao en poca escala, los inicios no fueron alentadores, porque todavía quedaba la amarga experiencia de las Naciones Unidas. Fueron momentos muy difíciles, pero se logró avanzar con el cultivo. Luego, continuó el Programa de Desarrollo Alternativo (PDA), desde el año 2006 hasta el año 2010, dejando instalado un promedio de 1000 hectáreas. La motivación empezó a crecer, porque se dio inicio a la producción y como consecuencia de ello, a generar ingresos económicos.

## **Materiales y métodos**

### **Métodos**

El presente trabajo se desarrolló en parcelas con plantaciones de cacao y plátano de tres edades, ubicados en el sector Navidad, distrito y provincia de Puerto Inca, departamento Huánuco, cuya ubicación geográfica son: Latitud sur 9°22'52" S, Longitud oeste 74°57'51" O y Altitud 175 m.s.n.m. Para llevar a cabo la investigación, se empleó el diseño completamente al azar, donde los sistemas agroforestales constituirán los tratamientos. Para encontrar diferencias significativas entre sistemas agroforestales en cacao de 1, 2 y 7 años con respecto a las variables dependientes, se utilizó la prueba de Duncan; asimismo se utilizó cuadros y figuras para describir los resultados.

### **Procedimiento de la Investigación**

Delimitación del área experimental: En tres parcelas de cacao con las edades de 1, 2 y 7 años, ubicadas en un terreno semi plano dicho sistema cuenta con especies de plátano la cual enriquecen el método de producción. Se hará cinco transeptos (A, B, C, D, E) en cada uno, para poder realizarlas diferentes evoluciones de biomasa y suelo, así mismo se hará una división de la superficie total del predio en bloques de 100 x 100 m, posteriormente dentro de cada bloque se trazará líneas secundarias separadas de 20 m, entre ellas 5 transeptos de 20 m x 100 m, en donde se trazará las cuadrículas de 4 m x 25 m o de 5 m x 100 m, para así poder realizar el inventario forestal y evaluar la biomasa, la metodología que empleare para evaluar la biomasa vegetal y la captura de carbono es descrita por el Centro de Investigación en Agroforestal (ICRAF) (Arévalo, 2003).

Se tomó muestras de los diferentes tipos de biomasa y del suelo para la estimación de la cantidad total de carbono, para la evaluación de la biomasa vegetal se estratificó las especies, según diámetro, porte y condición. Biomasa arbustiva y herbácea: La biomasa se estimó por muestreos directos en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidos al azar dentro

de las parcelas de 4 m x 25 m o en las de 5 m x 100 m. Se cortó toda la investigación a nivel del suelo y se registró el peso total por metro cuadrado; de esta manera, se recolectó una sub muestra, registró el peso fresco y luego se colocó en una bolsa de papel correctamente identificado y se secó en la estufa de aire a 75° C, hasta poder obtener el peso constante.

**Biomasa de la hojarasca:** Se cuantificó en base a la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas y ramas) en cuadrantes de 0.50 m x 0.50 m, se colocó dentro de cada uno de los cuadrantes de 1 m x 1 m. Toda la hojarasca recolectada, se registró el peso fresco total por 0.25 m<sup>2</sup>; de ésta se secó una muestra y se registró su peso; se procedió a colocar en bolsas de papel debidamente codificados y se secó en una estufa a 75° C hasta obtener peso seco constante.

**Medición del carbono del suelo del sistema agroforestal en cacao:** En los cuadrantes señalados para el muestreo de biomasa herbácea, se hará unas mini calicatas de 1 m x 1 m de profundidad en cada cuadrante respectivamente. De manera general, se definirá horizontes o capas entre: 0 – 10 cm, 10-20 cm, 20-40. Por cada horizonte se tomó una muestra de 500 g, en promedio, correctamente identificadas y enviadas al laboratorio para la cuantificó el carbono total.

Con los datos obtenidos se procedió a realizar los cálculos de biomasa vegetal, biomasa arbustiva, herbácea, de hojarasca, carbono en la biomasa vegetal total, peso del volumen del suelo, densidad aparente del suelo, peso del volumen de suelo por estrato de muestreo, carbono total, carbono total del sistema de unidad de tierra.

## **Resultados**

### **Medición del carbono de suelo del sistema agroforestal en cacao**

#### **Medición del carbono del suelo en cacao de un año**

En el (cuadro 1), se presenta el análisis de varianza de carbono del suelo en cacao de un año, donde se puede observar diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se observa un p-valor igual a 0.0220, valor menor al 5% de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 39.69%, calificado como alta homogeneidad, ya que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005), determinan que cuando el C.V es mayor a 30% es considerado de baja precisión.

En el (cuadro 2), se observa al tratamiento T1 (0 a 10 cm) con mayor porcentaje de carbono en suelo 2.34%, además estadísticamente diferente a los tratamientos T2 (10 a 20 cm) y T3 (20 a 40cm) 1.32% y 1.13% respectivamente. Es decir, mayor contenido de carbono se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad.

#### **Medición del carbono del suelo en cacao de dos años**

El (cuadro 3), se presenta el análisis de varianza de carbono del suelo en cacao de dos años, donde se puede observar diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se observa un p-valor igual a 0.0040, valor menor al 5% de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 22.50%, calificado como una homogeneidad adecuada, ya que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005), determinan que cuando el C.V es menor al 30% es considerado precisión adecuada.

Se observa al tratamiento T1 (0 a 10 cm) en primer lugar, con mayor porcentaje de carbono en suelo 1.65%, además estadísticamente diferente a los tratamientos T2 (10 a 20 cm) y T3 (20 a 40 cm) 1.25% y 0.89% respectivamente, que además son estadísticamente iguales. Es decir, mayor contenido de carbono se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad como se puede ver en el (cuadro 4).

#### **Medición del carbono del suelo en cacao de siete años**

Se presenta el análisis de varianza de carbono del suelo en cacao de siete años, donde se observó diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se muestra un

p-valor igual a 0.0001, valor menor al 5% de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 20.29%, calificado como una homogeneidad adecuada, ya que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005), determinan que cuando el C.V es menor al 30% es considerado como una adecuada precisión (cuadro 5). Se procedió a realizar el análisis de comparación múltiple, a través de la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), con la finalidad de profundizar las diferencias existentes respecto al contenido de carbono en suelo a diferentes profundidades como se muestra en el (cuadro 6).

Se observa al tratamiento T1 (0 a 10 cm), con mayor porcentaje de carbono en suelo 1.60%, además estadísticamente diferente a los tratamientos T2 (10 a 20 cm) y T3 (20 a 40 cm) 1.01% y 0.66% respectivamente, además se mira al tratamiento T2 (10 a 20 cm) diferente estadísticamente al tratamiento T3 (20 a 40 cm). Lo que se determinó es que a mayor profundidad el contenido de carbono disminuye.

### **Contenido de carbono en suelo de cacao de uno, dos y siete años**

En la (figura 1) presentamos el resumen del contenido de carbono en suelo de cacao de las diferentes edades (uno, dos y siete años), se observa que el contenido de carbono en el suelo va disminuyendo según la profundidad, toda vez que el mayor contenido de carbono está en los primeros 10 cm en todas las tres edades con valores de 2.342%, 1.651% y 1.605%. Asimismo, se determinó que hasta los 20 cm el contenido de cadmio es 3.661%, 2.905% y 2.619% y a partir de los 20 cm hasta los cuarenta el contenido de carbono va disminuyendo. Por otro lado, se determinó que a mayor edad del cultivo de cacao el contenido de carbono es menor, es así que se determinó un contenido total de 4.786%, 3.790% y 3.283% correspondiente a uno, dos y siete años respectivamente.

### **Mediciones de carbono en biomasa arbórea viva, herbácea y hojarasca del sistema agroforestal en cacao**

#### **Contenido de carbono biomasa aérea de cacao de un año**

En el (cuadro 7), se presenta el análisis de varianza de carbono de hojarasca en cacao de un año, se observa que no hay diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se muestra un p-valor igual a 0.5411, valor mayor al 5% ( $\alpha = 0.05$ ) de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 7.89%, calificado como una buena homogeneidad, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005), donde determinan que cuando el C.V es menor al 10% es considerado como precisa.

En la (figura 2), se observa el contenido de carbono en diferentes biomásas de cacao de un año en las cuales se muestra una diferencia numérica entre el contenido de carbono y en las diferentes biomásas, determinando mayor contenido de carbono en la biomasa arbórea con valor de 40.367% seguido del contenido de carbono en herbáceas con valor de 39.006 y el menor contenido de carbono se encontró en hojarasca.

#### **Contenido de carbono en la biomasa aérea de cacao de dos años**

En el (cuadro 8), se presenta el análisis de varianza de carbono en hojarasca de cacao de dos años, se observa que no hay diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se muestra un p-valor igual a 0.9106, valor mayor al 5% ( $\alpha = 0.05$ ) de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 18.97%, calificado como una adecuada homogeneidad, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005), donde determinan que cuando el C.V es menor al 30% es considerado como una variación buena.

#### **Contenido de carbono en la biomasa aérea de cacao de siete años**

En el (cuadro 9), se presenta el análisis de varianza de carbono de hojarasca en cacao de siete años, se observa que no hay diferencia estadística en los tratamientos en estudio, toda vez que se muestra un p-valor igual a 0.7889, valor mayor al 5% ( $\alpha = 0.05$ ) de confianza planteado. El coeficiente de variabilidad (C.V) fue 13.03%, calificado como una buena homogeneidad, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)

(2005), donde determinan que cuando el C.V es menor al 20% es considerado como buena.

### **Biomasa aérea de carbono en las tres edades del cultivo de cacao**

En la (figura 3), se observa el contenido de cadmio almacenado en hojarasca y también en herbáceas y arbóreas. Se determinó que hay similitud entre del contenido de carbono en hojarasca, herbáceas y arbóreas.

### **Discusión**

La finalidad del estudio fue Cuantificar el valor de carbono fijado en sistemas del cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao L*) CCN-51 en edades de 1, 2 y 7 años, con Plátano (*Musa paradisiaca*). Para eso se desarrollaron 3 tratamientos, con evaluaciones en el suelo de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 40 cm, así como se menciona en la (figura 1), en el cual resumen del contenido de carbono en suelo de cacao de las diferentes edades (uno, dos y siete años), se observa que el contenido de carbono en el suelo va disminuyendo según la profundidad, toda vez que el mayor contenido de carbono está en los primeros 10 cm en todas las tres edades con valores de 2.342%, 1.651% y 1.605%. Asimismo, se determinó que hasta los 20 cm el contenido de cadmio es 3.661%, 2.905% y 2.619% y a partir de los 20 cm hasta los cuarenta el contenido de carbono va disminuyendo. Por otro lado, se determinó que a mayor edad del cultivo de cacao el contenido de carbono es menor, es así que se determinó un contenido total de 4.786%, 3.790% y 3.283% correspondiente a uno, dos y siete años respectivamente. Es decir, mayor contenido de carbono se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad. En relación a los datos hallados tenemos que, Solís et al. (2014) afirma que el mayor almacén del carbono se encontró en los primeros 15 cm de profundidad de suelo ya que la mayor actividad de desarrollo de las raíces de hierbas, arbustos y muchas de las raíces finas de los árboles se realiza en los primeros centímetros del suelo. Afirmación que coincide con el desarrollo del trabajo, determinado mayor contenido de carbono en suelo se encuentra en los primeros centímetros de profundidad del suelo.

Asimismo, se determinó que cuando el suelo es más utilizado es decir mayor edad del sistema agroforestal el contenido de carbono disminuye como se muestra en la Figura 2. CERRI et al. (1985), menciona que las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización), es decir que a mayor labranza menor contenido de carbono por lo tanto mayor edad del cultivo menor contenido de carbono. las proporciones de carbono en el suelo dependen de la zona climática; con el máximo de carbono del suelo en las áreas frías boreales y templadas, y mínimo en las áreas tropicales (IPCC, 2000; MARQUEZ, 2000 y FONAM, 2005).

Así mismo, en la (figura 2), se observa el contenido de cadmio almacenado en hojarasca y también en herbáceas y arbóreas. Se determinó que hay similitud entre del contenido de carbono en hojarasca, herbáceas y arbóreas. Fassbender (1993), menciona que la vegetación muerta situada por encima del suelo está constituida por restos de tallos, ramas, hojas, flores y frutos, principalmente; al depositarse estos sobre la superficie del suelo, conforman la hojarasca o bien la capa de mantillo y al mismo tiempo comienza los procesos de descomposición mediante la mineralización y la humificación. Desde otra perspectiva Snowdon et al. (2001), manifiestan que los agro ecosistemas acumulan carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radicular y carbono orgánico del suelo. Que además la influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de carbono es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de Carbono.

## **Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones en las que se realizó el estudio, se puede concluir en lo siguiente:

1. En la comparación de carbono almacenado en los diferentes componentes y edades del agroecosistema, se determinó que mayor contenido de carbono contiene el agroecosistema de un año seguido de dos años y tercero de siete años respectivamente.
2. Respecto al contenido de carbono en la biomasa aérea se determinó que no hay diferencias estadísticas entre las biomásas hojarasca, herbáceas y arbustos. Pero mayor contenido de carbono almacenado se presentó en sistema de un año.
4. Respecto al contenido de carbono en la biomasa de suelo, se determinó mayor contenido a los 10 centímetros en todas las edades de agroecosistema, determino que a mayor altura disminuye el contenido de carbón.

## Referencias bibliográficas

- Arévalo, L.; Alegre, J.; Ríos, E; Callo-Concha, D. y Palm, CH. 2002. Secuestro de carbono sistemas alternativos en el Perú. IV Congreso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Brasil. Pp 1-8.
- Brown, Steven R. (1996). Q methodology and qualitative research. *Qualitative Health Research*, 6(4), 561-567.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J.M.; Somarriba, E.; Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37-38), 80-87.
- 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(1-2), 75-82.
- CERRI, C; FELLER, C; BALESIDENT, J; VICTORIA, R; PLENECASSAGNE, A. 1985. Application du trage isotopique naturel  $^{13}\text{C}$  a l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sois. *C. R. Aca. Se. Paris, Ser 2*, 300: Pp 423-428.
- Cerrón, G. 2012. Asistencia técnica dirigida en manejo integrado del cultivo de cacao Agrobanco. Sacado. Disponible en: [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao\\_CULTIVOS\\_.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/010-f-cacao_CULTIVOS_.pdf). (Revisado el 17 de diciembre del 20019).
- Dixon, M. W. 1994. *Ergativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Denman, K; Brasseur, G; Chidthaisong, A; Ciais, P; Dickinson, R; Hauglustaine, D; Heinze, C; Holland, E. et al. 2007. Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z and others (eds). *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p 499-587.
- DOSTERT, P.2011. Factsheet: Datos botánicos de cacao. Repositorio Institucional. Piura. p.6. FLORESTA Y AGRICULTURA EN LA AMAZONÍA (FLOAGRI). 2006 Diagnóstico Regional, Perú. UNAS. Tingo María, Perú. 96 p.
- FONAM (Fondo Nacional del Ambiente). 2005. Boletín en comercio. Dedicado a Informar Sobre las Oportunidades del Mercado de Carbono. FONAM/CONAM/Embajada de los Países Bajos. Disponible en: <http://www.fonamperu.org/general/mdl/documentos/guia%20MDL.pdf>. (revisado el 18 de octubre del 2019).
- GAMMA 2010. Determinación del balance de gases efecto invernadero en fincas ganaderas de la región Chorotega, como elemento de referencia para mejorar la competitividad. Informe final estudiobalance de gases Región Chorotega. Costa Rica.52 p.
- IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2000. *Land use, change and forestry*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html>, (Revisado el 26

febrero del 2019).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Synthesis report: Climate change 2007. Ginebra, Suiza. 52 p.

LAPEYRE, T; ALEGRE J; ARÉVALO, L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea en diferentes sistemas de uso de tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 3(1,2): 35-44.

MARQUEZ, L. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. C02 en el uso del suelo. Fundación SOLAR. Guatemala, GU. 31p.

MARTÍNEZ, H. J; ESPINAL, G; ORTIZ, C. F; HERMIDA, L. 2005. La cadena del cacao en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá DC).

MARTÍNEZ, E; FUENTES, J. P; ACEVEDO, A. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo Soil organic carbon and soil properties. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 8 (1) 2008 (68-96)

MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2010. Catálogo de cultivares de cacao en el Perú. Disponible en: [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/catalogo\\_cultivares\\_cacao.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/catalogo_cultivares_cacao.pdf). (Revisado el 12 de diciembre del 2019)

NAVIA, J. F; RESTREPO, J. M; VILLADA, D. E; OJEDA, P. A. 2003. Agroforestería: Opción tecnológica para el manejo de suelos en laderas. ISBN: 33 - 5693 – X. Santiago 250 p.

ONER. R 1976. Mapa Ecologico del Peru. Guia Explicativa, Lima Peru. Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. 2005. Sourcebook for Land use, land-use change and forestry projects. Biocarbon Fund. Winrock International.

ODAR, B. A. 2018. evaluación de almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café (*Coffea spp.*) en el anexo de Vilaya, distrito de Colcamar, provincia de Luya, Amazonas, 2017-2018. Chachapoyas – Perú. Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Ambiental.

ORTIZ, A; RIASCOS, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L y laurel *Cordia alliodora* en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas, San Juan de Pasto. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroforestal. 45 p.

SNOWDON, P; RAISON, J; KEITH, H; MONTAGU, K; BI, K; RITSON, P; GRIERSON, P; ADAMS, M;

BURROWS, W; EAMUS, D. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. Australia, Australian Greenhouse Office. 114 p STERN, N. 2007. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

SOLÍS, A; NÁJERA, J. A; MÉNDEZ, J; VARGAS, B; ÁLVAREZ, M. 2014. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* Número 63: 5-11.

RIOS, A, J. 2007. Almacenamiento de carbono y valoración económica en sistemas de uso de tierra comparados con el cultivo de coca (*Erythroxylon coca* L.) en el distrito de Jose Crespo y Castillo, Peru. 125 p.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono en suelos de cacao de un año.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-cal	p-valor
Tratamientos	2	4.28	2.14	5.34	0.0220
Error experimental	12	4.81	0.40		
Total	14	9.09			
C.V (%)	39.69				

**Cuadro 2.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono de suelo en cacao de un año a tres profundidades.

Tratamientos		Carbono en suelo	
Clave	Descripción	%	Sig.
T <sub>1</sub>	0 a 10 cm	2.34	a
T <sub>2</sub>	10 a 20 cm	1.32	b
T <sub>3</sub>	20 a 40 cm	1.13	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Cuadro 3.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono en suelos de cacao de dos años.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-cal	p-valor
Tratamientos	2	1.46	0.73	9.06	0.0040
Error experimental	12	0.97	0.08		
Total	14	2.43			
C.V (%)	22.50				

**Cuadro 4.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono de suelo en cacao de dos años a tres profundidades.

Tratamientos	Carbono en suelo
--------------	------------------

<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>%</b>	<b>sig.</b>
T <sub>1</sub>	0 a 10 cm	1.65	a
T <sub>2</sub>	10 a 20 cm	1.25	b
T <sub>3</sub>	20 a 40 cm	0.89	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

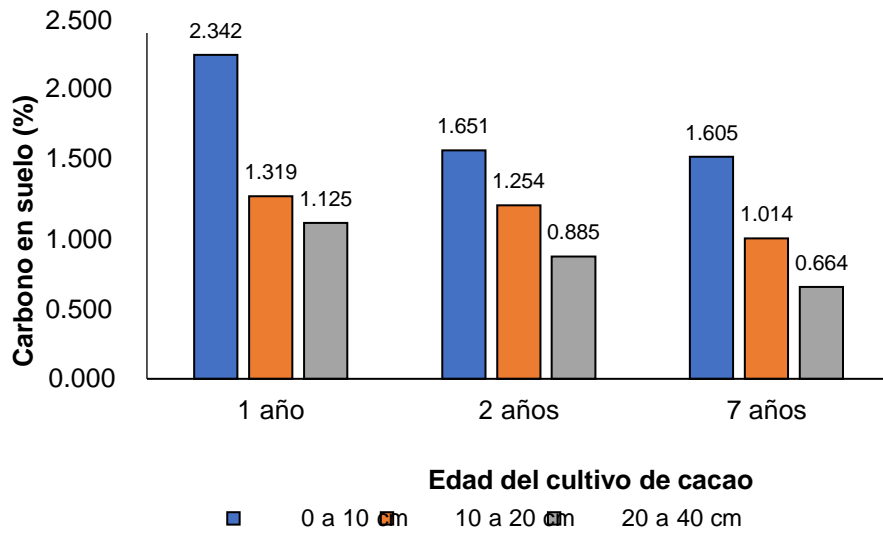
**Cuadro 5.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono en suelos de cacao de siete años.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-cal</b>	<b>p-valor</b>
Tratamientos	2	2.26	1.13	22.92	0.0001
Error experimental	12	0.59	0.05		
Total	14	2.85			
C.V (%)	20.29				

**Cuadro 6.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono de suelo en cacao de siete años a tres profundidades.

<b>Tratamientos</b>		<b>Carbono en suelo</b>	
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>%</b>	<b>sig.</b>
T <sub>1</sub>	0 a 10 cm	1.60	a
T <sub>2</sub>	10 a 20 cm	1.01	b
T <sub>3</sub>	20 a 40 cm	0.66	c

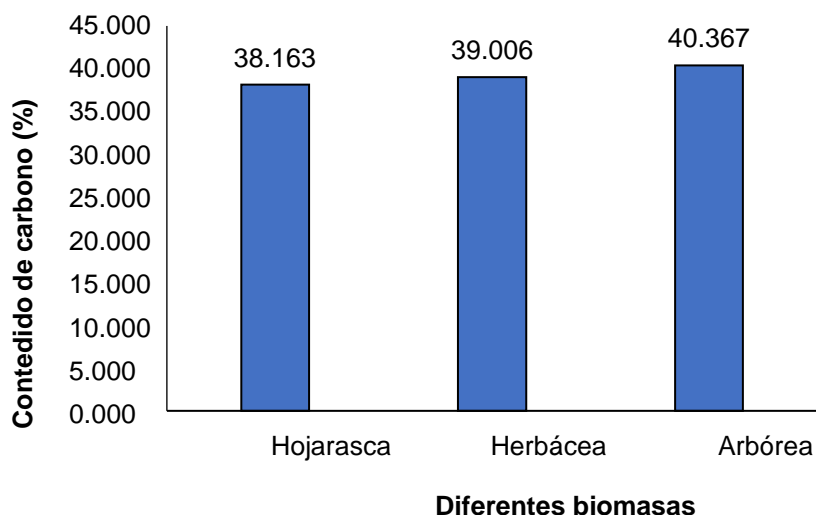
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 1.** Carbono en suelo de cacao en diferentes edades

**Cuadro 7.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono en hojarasca de cacao de un año.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-cal	p-valor
Tratamientos	2	12.37	6.18	0.65	0.5411
Error experimental	12	114.72	9.65		
Total	14	127.09			
C.V (%)	7.89				



**Figura 2.** Contenido de carbono en diferentes biomazas en cacao de un año.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para carbono en hojarasca de cacao de dos años

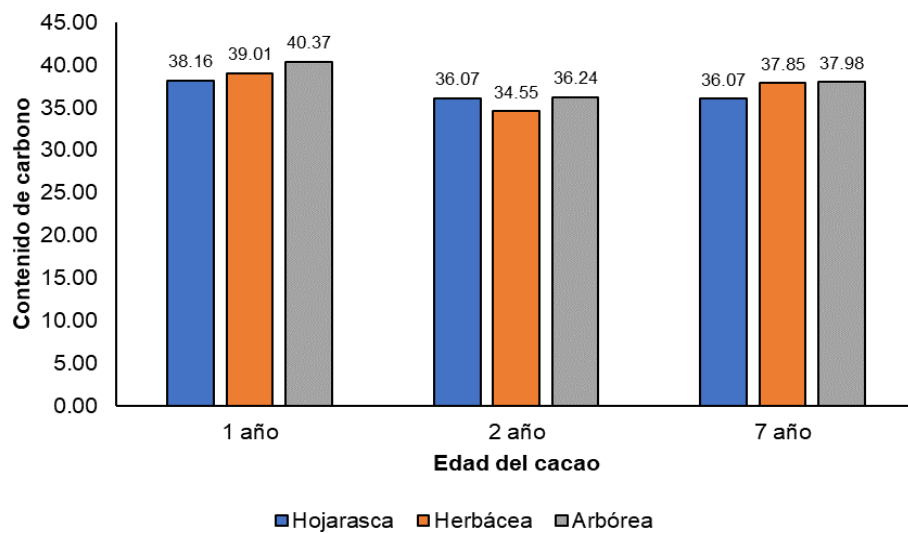
Fuente de variación	GL	SC	CM	F-cal	p-valor
Tratamientos	2	8.61	4.31	0.09	0.9106
Error experimental	12	547.78	45.65		
Total	14	556.4			
C.V (%)	18.97				

**Cuadro 91.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) para biomasa de hojarasca de cacao de siete años

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-cal	p-valor
---------------------	----	----	----	-------	---------

Tratamientos	2	11.43	5.72	0.24	0.7889
Error experimental	12	283.57	23.63		
Total	14	295			

C.V (%) 13.03



**Figura 3. Carbono en hojarasca de cacao en diferentes edades**