

## Evaluación de la captura de carbono en suelos de sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en los distritos Mariscal Benavides y Longar, provincia Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas

### Evaluation of carbon capture in the soils in coffee agroforestry systems (*coffea arabica* L.), districts Mariscal Benavides and Longar, province of Rodriguez de Mendoza, department of Amazonas

Adriana Salazar Zavala<sup>1</sup>, \*Jessica Carmencita Saucedo Bardales<sup>2</sup>, Lizette Daniana Méndez Fasabi<sup>3</sup>

#### RESUMEN

Se evaluó la influencia de la edad en los sistemas agroforestales (SAF) con café en el almacenamiento de carbono, en suelos de los distritos de Mariscal Benavides y Longar, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas – Perú. Se evaluaron dos sistemas 1) SAF de 3-5 años de edad en el distrito de Longar y 2) SAF de 8-10 años de edad en el distrito de Mariscal Benavides. Para realizar dicha evaluación, se hicieron 12 calicatas. Se tomaron muestras de suelo a tres profundidades distintas (0 -15, 15 - 30 y 30 - 45 cm). En 36 muestras se determinó el contenido de carbono y la densidad aparente. Se obtuvo como resultado que el SAF con siembra de café más guaba de 3-5 años de edad almacena mayor cantidad de carbono (224,26 Tm de C/ha) que el SAF con siembra de café de 8-10 años de edad (198,95 Tm C/ha). Se determinó que la mayor cantidad de carbono se encuentra almacenado en los primeros 15 cm del suelo y que el SAF con mayor edad tiene un mayor valor económico.

**Palabras clave:** almacenamiento de carbono, sistemas agroforestales, café.

#### ABSTRACT

The influence of age on agroforestry systems (SAF) with coffee in carbon storage was evaluated in soils of the districts of Mariscal Benavides and Longar, Rodríguez de Mendoza province, Amazonas - Peru. Two systems were evaluated: 1) SAF 3-5 years old in the Longar district and 2) SAF 8-10 years old in the district of Mariscal Benavides. To perform this evaluation, 12 pigeons were made. Soil samples were taken at three different depths (0-15, 15-30 and 30-45 cm). The carbon content and bulk density were determined in 36 samples. As a result, the SAF with more than 3-5 years of age coffee stored SAF stores more carbon (224.26 Tm of C/ha) than SAF with 8-10 year old coffee (198.95 Tm C/ha). It was found, that the largest amount of carbon is stored in the first 15 cm of the soil and that the older SAF has a higher economic value.

**Keywords:** carbon storage, agroforestry systems, coffee.

<sup>1</sup>Ingeniera Ambiental. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

<sup>2</sup>\*Ingeniera Ambiental. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: [carmencita.0194@gmail.com](mailto:carmencita.0194@gmail.com)

<sup>3</sup>Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: [lizzete.mendez@untrm.edu.pe](mailto:lizzete.mendez@untrm.edu.pe)

## I. INTRODUCCIÓN

Una forma de mitigar el cambio climático es la reducción de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mediante el establecimiento de Sistemas Agroforestales (SAF), capaces de capturar CO<sub>2</sub> de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y en el suelo, por largos periodos de tiempo (Gayoso y Guerra, 2005).

Los SAF, podrían constituir una salida económica de la producción, en armonía con el ambiente, si estos son desarrollados en la base del reconocimiento a los productores y productoras por los servicios ambientales que ellos generen al utilizar los sistemas agroforestales como sumideros de carbono.

Los distritos de Mariscal Benavides y Longar, son distritos productores de café (*Coffea arabica* L.), producido bajo SAFs, lo que podría ser aprovechado económicamente por los productores, mediante esquemas de pago por servicios ambientales, por captura de CO<sub>2</sub>.

El objetivo de investigación fue evaluar el servicio ambiental de captura de carbono en SAFs con producción de café en los distritos Mariscal Benavides y Longar, provincia Rodríguez de Mendoza.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

Los distritos de Mariscal Benavides y Longar se encuentran ubicados en la parte noreste de la provincia de Rodríguez de Mendoza, entre las coordenadas 2°28'00" de latitud sur y 92°95'00" de longitud oeste (Figura 1).

Usando como base la clasificación de suelos en la provincia de Rodríguez de Mendoza, se elaboró el mapa de ubicación de los SAFs y calicatas, haciendo uso del software ArcGis 10.1.

Se realizó el reconocimiento in situ del lugar, identificado mediante imágenes satelitales.

### Etapas de campo

Se georreferenció todos los SAFs de los distritos en estudio, utilizando un GPS Garmin 550 - Oregon y se procesaron con el software ArcGis 10.3 y MapSource.

Luego se seleccionaron las parcelas buscando que los dos SAFs deben tener producción de café más guaba en conjunto, una debe tener edades entre 3-5 años y la segunda entre 8-10 años, y encontrarse a condiciones climatológicas similares.

En cada uno de los SAFs, se establecieron tres puntos de muestreo en un recorrido lineal de longitud variable. En cada punto se construyeron tres calicatas de 1 m<sup>2</sup> x 0,45 m de profundidad, distribuidas según la forma o área del terreno, y se tomó muestras de suelo de tres profundidades distintas (0-15, 15-30 y 30-45 cm) de 1 kg cada una, empezando de la parte más profunda hacia la menos profunda.

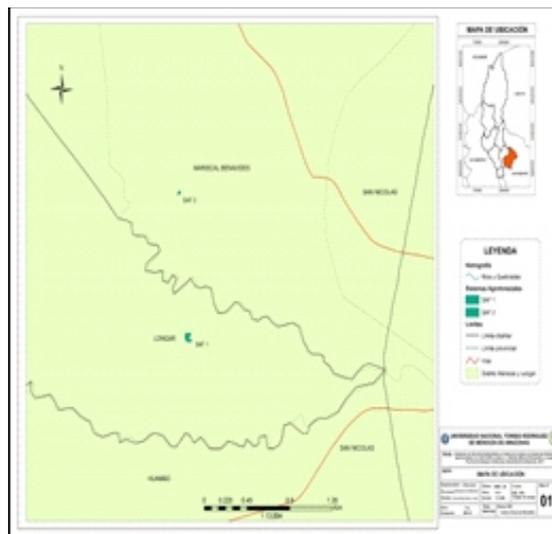


Figura 1. Ubicación de los sistemas agroforestales

### Determinación de la densidad

La toma de muestras para determinar la densidad aparente se realizó con un cilindro muestreador de densidad aparente de 202,7 cm<sup>3</sup>.

Las muestras fueron colocadas en bolsas herméticas, cuidadosamente etiquetadas, para su identificación con datos de: nombre y número del sistema, número de punto de muestreo, nombre de la muestra, profundidad de muestreo, hora y fecha.

Las mediciones se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### Determinación de carbono orgánico presente

Se empleó el método de Walkley & Black, el cual consiste en oxidar la materia orgánica con dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 1N) más ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Posteriormente el exceso de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> es determinada por titulación con Sal de Mohr.

Las muestras fueron pesadas en una balanza analítica 0,5 g y puestas en un matraz de 150 ml

cada una, luego, con ayuda de una pipeta bajo una campana extractora de gases tóxicos, se añadió 10 ml de dicromato de potasio y 10 ml de ácido sulfúrico. Se dejó reaccionar por 10 min, se aforó a 100 ml con agua destilada y se dejó reposar por 2 h.

Después de las 2 h se tomó una alícuota con una pipeta de 10 ml en un vaso de 50 ml de capacidad, se agregó 3 gotas del indicador difenilamina sulfúrica y se tituló con la sal de Mohr 0,5 N, en un equipo de titulación graduado. La titulación finalizó cuando la muestra tomó un color verde oscuro.

Con el dato del gasto de la titulación se procedió a realizar los cálculos con la siguiente fórmula

$$\% C = \frac{\left(10 - Gm * \frac{10}{Gb}\right) 4mgC * 100}{\text{Peso muestra (mg)}}$$

Donde Gm: gasto de muestra y Gb: gasto de blanco.

El blanco fue preparado con los mismos reactivos que se empleó en las muestras de suelo solo con la diferencia que este matraz no lleva muestra de suelo.

### III. RESULTADOS

#### Caracterización de los sistemas

##### SAFs de 3-5 años de edad

Este sistema es de propiedad de César Valdez Acosta. Tiene un área total de 30 000 m<sup>2</sup>, con relieve plano. La combinación de especies es café más guaba.

El SAF se encuentra ubicado a una altitud de 1 571 msnm con coordenadas E: 222178 y N: 9293188.

**Suelos:** Los suelos de esta área son de relieve plano, de textura franco arcillosa. Las características físico-químicas se presentan en la Tabla 1.

En esta profundidad 0-15 cm, el pH fue ligeramente ácido con una media de 5,93; con conductividad eléctrica de 0,21 mS/cm que indica que el suelo es no salino. Un elevado contenido de materia orgánica (8,48%); nitrógeno total 0,42%, representado un nivel elevado de N en el suelo; fósforo total 16,34 ppm, el cual representa una concentración alta y, potasio de 95,10 ppm que está en el rango de bajo.

Tabla 1. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 3 – 5 años de edad, de 0-15 cm de profundidad

Muestras	pH (1:1)	CE, (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
<b>SAF1-Cal1-0-15</b>	6,01	0,35	7,39	0,37	19,40	100,15
<b>SAF1-Cal2-0-15</b>	6,1	0,11	8,87	0,44	11,78	89,67
<b>SAF1-Cal3-0-15</b>	5,67	0,17	9,19	0,46	17,83	95,48
Media	5,93	0,21	8,48	0,42	16,34	95,10
Desviación Estándar	0,23	0,13	0,96	0,05	4,02	5,25
Varianza	0,05	0,02	0,92	0,002	16,19	27,57
Mínimo	5,67	0,11	7,39	0,37	11,78	89,67
Máximo	6,1	0,35	9,19	0,44	19,40	100,15

Muestras	pH (1:1)	CE, (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
SAF1-Cal1-15-30	5,37	0,11	5,42	0,27	7,25	59,28
SAF1-Cal2-15-30	5,9	0,11	6,90	0,34	6,68	57,98
SAF1-Cal3-15-30	5,03	0,15	5,75	0,29	5,68	54,61
Media	5,43	0,12	6,02	0,3	6,54	57,29
Desviación Estándar	0,44	0,02	0,78	0,04	0,79	2,41
Varianza	0,19	0,0005	0,60	0,001	0,63	5,81
Mínimo	5,03	0,11	5,42	0,27	5,68	54,61
Máximo	5,9	0,15	6,90	0,34	7,25	59,28

Tabla 2. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 3 – 5 años de edad, de 15-30 cm de profundidad

Entre 15 – 30 cm de profundidad, los suelos del SAF 3-5 años, presentaron un pH ligeramente ácido con una media de 5,43; conductividad eléctrica de 0,12 mS/cm que indica que el suelo es no salino; materia orgánica 6,02%, este valor indica un contenido alto de materia orgánica; N total 0,31% representado un nivel elevado de N en el suelo; fósforo total 6,54 ppm el cual representa una concentración en exceso y, potasio de 57,29 ppm que está en el rango de bajo (Tabla 2).

En la Tabla 3, se muestran los valores de 30-45 cm de profundidad, estos suelos presentaron un pH ligeramente ácido con una media de 5,75; conductividad eléctrica de 0,09 mS/cm que indica que el suelo es no salino; contenido medio de materia orgánica (4,38%); un nivel elevado de nitrógeno total (0,22%); baja concentración de fósforo total (4,20 ppm) y, potasio de 30,08 ppm que está en el rango de bajo.

#### SAF de 8-10 años de edad

Este sistema es de propiedad de Luis Alfonso Salazar Torres, tiene un área total de 178 000 m<sup>2</sup>, con relieve plano, cuya asociación también es café más guaba la especie instalada en esta parcela es de café catimor con un rendimiento promedio de 1 000 kg por cosecha, la distancia entre planta a planta es de aprox, 1,5 m con un callejón 1,8 m la distancia adoptada para la siembra de esta parcela fue adoptada por el mismo productor.

El SAF se encuentra ubicado a una altitud de 1 577 msnm, con coordenadas E: 222269 y N: 9292046.

**Suelos:** Los suelos de esta área son de relieve plano, de textura franco arcillosa. Las características físico-químicas que presentan los suelos de esta área de estudio se muestran en la siguiente Tabla 4.

Tabla 3. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 3 – 5 años de edad, de 30-45 cm de profundidad

Muestras	pH (1:1)	CE (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
SAF1-Cal1-30-45	5,89	0,07	4,43	0,22	5,33	30,23
SAF1-Cal2-30-45	5,8	0,12	6,40	0,32	3,50	34,45
SAF1-Cal3-30-45	5,55	0,08	2,30	0,11	3,76	25,56
Media	5,75	0,09	4,38	0,22	4,20	30,08
Desviación Estándar	0,18	0,03	2,05	0,11	0,99	4,45
Varianza	0,03	0,0007	4,20	0,01	0,98	19,78
Mínimo	5,55	0,07	2,30	0,11	3,50	25,56
Máximo	5,89	0,12	6,40	0,32	5,33	34,45

Estos suelos presentaron un pH ligeramente ácido con una media de 5,96; conductividad eléctrica de 0,35 mS/cm que indica que el suelo es no salino; materia orgánica 8,40%, este valor indica un contenido elevado de materia orgánica; nitrógeno total 0,42% representado un nivel elevado de N en el suelo; fósforo total 10,43 ppm el cual representa una concentración baja de fósforo en los suelos de la parcela estudiada y, potasio de 99,59 ppm que está en el rango de bajo.

Tabla 4. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 8 – 10 años de edad, de 0-15 cm de profundidad

Muestras	pH (1:1)	CE, (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
SAF2-Cal1-30-45	6,12	0,19	10,59	0,53	1,62	33,41
SAF2-Cal2-30-45	5,09	0,28	1,97	0,10	4,08	37,63
SAF2-Cal3-30-45	5,81	0,19	3,45	0,17	3,01	24,68
Media	5,67	0,22	5,34	0,27	2,90	31,91
Desviación Estándar	0,53	0,05	4,61	0,23	1,23	6,60
Varianza	0,28	0,003	21,25	0,05	1,52	43,62
Mínimo	5,09	0,19	1,97	0,10	1,62	24,68
Máximo	6,12	0,28	10,59	0,53	4,08	37,63

Tabla 5. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 8 – 10 años de edad, de 15-30 cm de profundidad

Muestras	pH (1:1)	CE, (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
SAF2-Cal1-0-15	6,03	0,34	9,36	0,47	7,64	99,33
SAF2-Cal2-0-15	6,13	0,4	8,37	0,42	7,74	92,85
SAF2-Cal3-0-15	5,72	0,31	7,47	0,37	15,90	106,6
Media	5,96	0,35	8,40	0,42	10,43	99,59
Desviación Estándar	0,22	0,05	0,95	0,05	4,74	6,88
Varianza	0,05	0,002	0,89	0,002	22,47	47,32
Mínimo	5,72	0,31	7,47	0,37	7,64	92,85
Máximo	6,13	0,4	9,36	0,42	15,90	106,6

Para estos suelos el pH fue ligeramente ácido con una media de 6,06; con conductividad eléctrica de 0,19 mS/cm que indica que el suelo es no salino; materia orgánica 4,95%, este valor indica un contenido medio de materia orgánica; nitrógeno total 0,25% representado un nivel elevado de N en el suelo; fósforo total 5,3 ppm el cual representa una concentración baja de fósforo en los suelos de la parcela estudiada y, potasio de 59,12 ppm que está en el rango de bajo.

Tal como se muestra en la Tabla 6, estos suelos presentan un pH ligeramente ácido con una media de 5,67; con conductividad eléctrica de 0,22 mS/cm que indica que el suelo es no salino; materia orgánica 5,34%, este valor indica un contenido medio de materia orgánica; nitrógeno total 0,27% representado un nivel elevado; fosforo total 2,90 ppm el cual representa una concentración baja, y

potasio de 31,91 unidades es una cantidad adecuada para el suelo.

Tabla 6. Características físico químicas de los suelos del sistema agroforestal de 8 – 10 años de edad, de 30-45 cm de profundidad

Muestras	pH (1:1)	CE, (ms/cm)	M,O, (%)	N (%)	P Ppm	K (%)
SAF2-Cal1-15-30	6,29	0,15	5,42	0,27	5,62	62,46
SAF2-Cal2-15-30	5,9	0,18	5,42	0,27	5,62	61,16
SAF2-Cal3-15-30	5,98	0,24	4,02	0,20	4,65	53,73
Media	6,06	0,19	4,95	0,25	5,3	59,12
Desviación Estándar	0,21	0,05	0,81	0,04	0,56	4,71
Varianza	0,04	0,002	0,65	0,002	0,31	22,18
Mínimo	5,9	0,15	4,02	0,20	4,65	53,73
Máximo	6,29	0,24	5,42	0,27	5,62	62,46

Tabla 7. Carbono almacenado en sistemas agroforestales de 3-5 años de edad en función de la profundidad

Muestras	Profundidad (cm)	Carbono (Tm ha <sup>-1</sup> )
SAF1	0-15	124,31
SAF1	15-30	72,18
SAF1	30-45	27,77
<b>TOTAL</b>		<b>224,26</b>

En las parcelas de ambos SAFs, la cantidad de carbono almacenado en los suelos se encontraron a mayor concentración en los 15 primeros centímetros y va disminuyendo a medida que la profundidad es mayor (Tablas 7 y 8).

El Saf de menor edad (3-5 años), es el que mayor capacidad de captura tuvo.

Tabla 8. Carbono almacenado en sistemas agroforestales de 8-10 años de edad en función de la profundidad

Muestras	Profundidad (cm)	Carbono (Tm ha <sup>-1</sup> )
SAF2	0-15	116,14
SAF2	15-30	55,27
SAF2	30-45	27,54
<b>TOTAL</b>		<b>198,95</b>

Tabla 9. CO<sub>2</sub> capturado en sistemas agroforestales de 3-5 años de edad

Muestras	Prof. (cm)	C (Tm ha <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (Tm ha <sup>-1</sup> )
SAF1	0-15	124,31	455,80
SAF1	15-30	72,18	264,66
SAF1	30-45	27,77	101,83
<b>TOTAL</b>		224,26	822,28

Los SAF de 3-5 años de edad almacenan una cantidad de 208,83 Tm C ha<sup>-1</sup> el cual equivale a la captura de 822,28 Tm CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>.

Tabla 10. CO<sub>2</sub> capturado en SAF de 8-10 años de edad

Muestras	Prof. (cm)	C (Tm ha <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (Tm ha <sup>-1</sup> )
SAF2	0-15 cm	116,14	425,85
SAF2	15-30 cm	55,27	202,66
SAF2	30-45 cm	27,54	100,98
<b>TOTAL</b>		198,95	729,48

Los SAF de 8-10 años de edad almacenan una cantidad de 204,37 Tm C ha<sup>-1</sup> el cual equivale a la captura de 729,48 Tm CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>.

#### Valoración económica de los SAFs de café

Luego de realizar los flujos de caja para ambos SAFs, encontramos que el SAF de 8 a 10 años de edad tiene un valor actual neto mayor al SAF de 3 a 5 años de edad de hasta S/. 20 000 soles más.

Tabla 11. Egresos e ingresos en los SAF con café de 3-5 años de edad con bonos de carbono

Actividad	2012	2013	2014	2015	2016
<b>COSTOS</b>					
Apertura	440.00				
Preparación de terreno	1600.00				
Siembra	1040.00				
Mantenimiento	1040.00	1200.00	1500.00	1800.00	2490.00
Plantas	1500.00				
Cosecha			1450.00	1740.00	1740.00
Insumos	210.00	310.00	310.00	310.00	310.00
<b>Total</b>	<b>5830.00</b>	<b>1510.00</b>	<b>3260.00</b>	<b>3850.00</b>	<b>4540.00</b>
<b>INGRESOS</b>					
Venta de café			13000.00	23000.00	17000.00
Bonos de carbono	21.10	21.61	22.70	25.46	27.28
<b>Total</b>	<b>21.10</b>	<b>21.61</b>	<b>13022.70</b>	<b>23025.46</b>	<b>17027.28</b>
<b>FCN</b>					
	-5808.90	-1488.39	9762.70	19175.46	12487.00
<b>VAN<sub>20%</sub></b>	S/ 14,041.03				
<b>TIR</b>	89%				

Tabla 12. Egresos e ingresos en SAF con café de 8-10 años de edad, con bonos de carbono (2012-2016)

Actividad	2012	2013	2014	2015	2016
<b>COSTOS</b>					
Apertura					
Preparación de terreno					
Siembra					
Mantenimiento	1200.00	1200.00	1200.00	1500.00	1800.00
Plantas					
Cosecha	1660.00	1660.00	1660.00	2075.00	2490.00
Insumos	310.00	310.00	310.00	310.00	310.00
<b>Total</b>	<b>3170.00</b>	<b>3170.00</b>	<b>3170.00</b>	<b>3885.00</b>	<b>4600.00</b>
<b>INGRESOS</b>					
Venta de café	28000.00	28000.00	23000.00	12750.00	12750.00
Bonos de carbono	21.10	21.61	22.70	25.46	27.28
<b>Total</b>	<b>28021.10</b>	<b>28021.61</b>	<b>23022.70</b>	<b>12775.46</b>	<b>12777.28</b>
<b>FCN</b>					
	24851.00	24851.61	19852.70	8890.46	8177.28
<b>VAN<sub>20%</sub></b>	S/ 34,469.15				
<b>TIR</b>	109%				

### III. DISCUSIÓN

Los sistemas agroforestales de menor edad almacenan una cantidad significativa de carbono en los suelos, esto se debe a la mayor acumulación de biomasa que el suelo presenta por la variada presencia de hojarasca, por lo que el suelo tiene la capacidad de almacenar el carbono en mayor cantidad comparado con sistemas agroforestales de mayor edad.

Según Corral et al. (2005) los sistemas agroforestales con café tienen un potencial de fijación de carbono de 187,5 T/ha a los 6,5 años después de su plantación, en este trabajo se encontró que SAFs más jóvenes pueden superar esta cifra con hasta 224 T/ha.

La bibliografía consultada ayuda a corroborar los resultados obtenidos, el café captura más cantidad de carbono a menor edad.

El carbono, en los 2 SAF, se encuentra almacenado en mayor cantidad en los primeros 15 cm del suelo, luego la cantidad almacenada disminuye a medida que la profundidad va aumentando, concordando con De Petre et al. (2006), quienes señalan que el carbono acumulado en los estratos superiores del suelo posee mayor cantidad y variabilidad, porque está en función del cambio en el uso y manejo del suelo. Asimismo, Robert (2002) y Khan et al. (2007) quienes encontraron que el carbono del suelo disminuye con la profundidad, y está en correspondencia con el tipo de suelo y con el contenido y descomposición de la materia orgánica.

### IV. CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales con café de menor edad tienen mayor capacidad de almacenamiento de carbono y pueden capturar hasta 822,28 toneladas de CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>.

La mayor cantidad de carbono almacenado en los dos sistemas agroforestales estudiados se encuentra en los 15 cm de profundidad.

Bajo un eventual sistema de compensación por servicios ambientales como captura de carbono un SAF con mayor edad ofrece mayor valor actual neto.

### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, J. A., Ricse, C., y Palm, (1998). *Informe de discusiones Proyecto ASB-Carbono en sistemas de uso de la tierra; documento de circulación interna*. Yurimaguas, Loreto, Perú.

- Bolin, B., Doos, B. R., Jager, J., & Warrick, R. A. (1986). *The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems*, SCOPE 29. New York.
- Corral, R., Duicela, L. A., & Maza, H. (2006). Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábico y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. In *X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, "Avances del Conocimiento para la preservación del suelo"*. Guayaquil, Noviembre, 22-24.
- De Petre, A., Montiel, M., Ali, S., Lind, M., y Hernández, J. (2005). Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. *Área Suelo. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON)*.
- Gayoso, J., y Guerra, J. (2005). Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 26(2), 33-38.
- Khan, M. N. I., Suwa, R., y Hagihara, A. (2007). Carbon and nitrogen pools in a mangrove stand of *Kandelia obovata* (S., L.) Yong: vertical distribution in the soil-vegetation system. *Wetlands Ecology and Management*, 15(2), 141-153.
- Nair, P. K. R. (1997). *Agroforestería, Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, 543 p.
- Oades, J. M. (1988). The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, 5, 35-70.
- Robert, M. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96*. FAO, Roma, IT. 61 p.