

# Potencial de captura de carbono por la palma de aceite en Colombia

## Carbon Capture Potential of Oil Palm in Colombia

Carlos E. Castilla<sup>1</sup>

### Resumen

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia, a diferencia de otros países donde predomina el bosque tropical, se siembra principalmente en áreas previamente dominadas por sabana y bosque tropical pero que ya han sido utilizadas para otros cultivos. La importancia de la preservación de los ecosistemas naturales, su cambio de uso y la consecuente pérdida de la biodiversidad, más el incremento del carbono en la atmósfera como resultado del cambio de uso, en especial con el cultivo de la palma de aceite, está siendo continuamente debatida por la comunidad científica. Existe por lo tanto la necesidad de establecer patrones de comparación *vis à vis* antes, ahora y después de la palma, para evaluar el impacto potencial del cultivo de la palma en la economía, y las opciones para mitigar y/o adaptarse al cambio climático. En este informe se analiza el potencial de captura de carbono por la palma, los cambios en los reservorios de carbono al cambiar el uso del suelo y las posibles estrategias para maximizar el impacto de los beneficios logrados con este cultivo.

### Summary

Unlike other countries where tropical forests prevail, in Colombia oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is planted mainly in areas previously dominated by grasslands and tropical forests were already used for other crops. The importance of preserving natural ecosystems, their change in use and the consequent biodiversity loss, plus the C increment in the atmosphere as a result of the changes in use, especially regarding oil palm crops, is continuously discussed by the scientific community. Therefore, there exists the need to establish *vis a vis* comparison patterns of before, now and after the palm, in order to evaluate its potential impact in the economy, and the options to mitigate and/or adapt to the climatic changes. This report analyses, C capture potential of oil palm, carbon sink modifications when altering the soil use, and the possible strategies needed to maximize the impact of the benefits achieved with this crop.

### Palabras Clave

Carbono,  
Palma de aceite,  
Captura de carbono.

1. I.A., Ph. D., Investigador Titular, Cenipalma. E-mail: carlos.castilla@cenipalma.org



## Introducción

Este documento "semilla" es una revisión de literatura para iniciar el proceso de determinar los límites del potencial de captura o almacenamiento de carbono (C) por la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) con referencia a las condiciones colombianas al período de máxima acumulación, y hacer algunas inferencias sobre los potenciales efectos benéficos del cultivo de la palma en la captura de C.

Por su trascendencia, las referencias que se tienen del cultivo provienen del sur del Asia, donde a escala mundial expresa su mayor desarrollo reemplazando el bosque tropical (Lamade, Seyto, 2002), en comparación con el caso colombiano, en donde el cultivo se ubica en áreas de sabanas y selvas tropicales, estableciéndose después de otros cultivos y no comúnmente reemplazando bosque virgen. En Colombia se estima que sólo 17% de los cultivos fueron sembrados sobre bosques primarios o intervenidos (Fedepalma, 1999). De esta forma, no se reconoce a la palma de aceite por su potencial de captura de C, sino por su efecto deforestador (Lamade, 2000).

No se han encontrado trabajos en Colombia que determinen en forma específica este tipo de mediciones, pero en el caso de los estimados de captura de C en bosques tropicales, se utilizan los datos de biomasa o inventarios de madera (la parte utilizable para este fin en el caso de la palma) y se hacen las correcciones por los componentes faltantes. La biomasa resultante se convierte a C por un factor que varía entre 0,45 hasta 0,5, porcentaje de C en la materia seca.

Este trabajo consiste por lo tanto en: i) revisar la literatura de la producción de biomasa de palma de aceite a diferentes edades y condiciones de clima y suelo; ii) corregir estos estimados para homologarlos a máximo potencial de captura a los 25 años; iii) estimar el potencial de captura de C utilizando el factor 0,50 para expresarlo como C; iv) agregar al potencial de captura de C por la palma, el capturado por las especies acompañantes, la materia orgánica del suelo (MOS) y las raíces. De esta forma se expresa la captura de C sobre la base de una hectárea.

La captura o almacenamiento de C, en este caso, se refiere a su proceso acumulativo en los diferentes tejidos vegetales y en el suelo a medida que la palma crece, y que potencialmente permanece almacenado *in situ* o transformado en productos que no liberan este C una vez más a la atmósfera, en esencia depósitos de C. En este caso, la captura de C es el resultado acumulativo de sus dinámicos procesos y flujos generados por la fotosíntesis y los procesos de descomposición en un largo período de tiempo. En este documento, captura o secuestro de C no se refiere a los procesos industriales y sus efectos de emisión del mismo por las calderas o la producción y subsiguiente captura de metano en las lagunas de oxidación.

### ¿Por qué el énfasis en carbono?

Desde la Convención del Cambio Climático en 1992, el enfoque central era permanecer dentro de límites ecológicos y estabilizar la concentración de gases del efecto invernadero para prevenir una peligrosa intervención antrópica en el clima. No sin controversia, desde 1990 el Grupo Consultivo sobre Gases del Invernadero de la Naciones Unidas (Legget *et al.*, 1992) recomendaba "límites" donde se podía permanecer. Por ejemplo, si se rebasan estos límites y ocurre un aumento de más de 40 cm sobre el nivel del mar con referencia a 1990, podría traer como consecuencia la destrucción de muchas islas naciones o aumentar el daño causado por las tormentas (IPCC, 2001a). Desde entonces, se reconoce también que las dudas "científicas" sobre los efectos del calentamiento global han aumentado más que disminuido, pero que todo indica que si no se hacen correctivos para reducir emisiones se rebasarán los "límites ecológicos" (IPCC, 2001b).

Se debe tener en cuenta también que la mayor parte de la contribución al calentamiento global por los gases del efecto invernadero está atribuida al consumo de combustibles fósiles (66%) y la proporción al efecto de la deforestación es mucho menor (20%). Más aún, de la deforestación no se ha determinado la dinámica de esta emisión, ya que los sistemas naturales no son estáticos y recuperan el C liberado de acuerdo con el sistema que lo reemplaza (Woomer *et al.*, 2000).

## De la biomasa al carbono

Para medir la biomasa de una palma, lo más sencillo es pesar  *toda*  la palma y expresarla en base seca, pero por su tamaño hay dificultades de hacer este tipo de medición. La alternativa es estimar la biomasa mediante la fórmula

$$\text{Biomasa (W)} = \text{Volumen (V)} * \text{Densidad (D)}$$

De esta forma, si se asume que la palma es un cilindro perfecto, se estima la biomasa conociendo el radio (r) de la palma o su diámetro (d=2r), su longitud (L) y su densidad:

$$W = \pi r^2 L * D$$

Es decir, se asume un área promedio ( $A_m = \pi r^2$ ).

Pero, para mayor precisión, se puede subdividir la palma en secciones más uniformes (L) (Hassan *et al.*, 1977). Por ejemplo, si de una palma se obtienen seis cortes o trozas de igual longitud pero de áreas medias diferentes (A), uno de la parte baja ( $A_b$ ), cuatro de la parte media ( $A_m$ ) y uno de la parte alta ( $A_s$ ), entonces:

$$W = (A_b + 4A_m + A_s) / 6 L * D$$

También se puede asumir que cada sección es diferente y tiene forma de cono truncado, es decir que el diámetro de la base inferior es diferente al de la base superior (Hassan *et al.*, 1977).

$$W = ((d_1 + d_2)^2 - (d_1 * d_2)) L * D$$

donde  $d_1$  = diámetro mayor

$d_2$  = diámetro menor

De manera alternativa se pueden utilizar correlaciones alométricas con base en la longitud del tallo expresada en metros, centímetros u otro factor de correlación como la reflectividad de la radiación sobre la base de imágenes satelitales. Algunos ejemplos de estas correlaciones son:

$$W = 6.4 * L \text{ (m)} + 10 * D \quad \text{Brown, 1997}$$

$$W = 725 + 197 L * D \quad \text{Khalid et al., 2000}$$

$$W = 0,3747 * L \text{ (cm)} + 3,6334 \quad \text{Thenkabil et al., 2002}$$

$$W = 0,0046 e 10,814 * \text{NDV}143 \quad \text{Thenkabil et al., 2002}$$

Estos estimados de biomasa del tallo de la palma, provenientes de diferentes materiales genéticos y evaluados a distintas edades y condiciones de clima, suelo y manejo agronómico necesitan ser homologados o estandarizarlos a la edad de máxima acumulación. Para esto se asume que en Colombia las palmas sobre el suelo:

- Tienen un largo total de 12 metros
- No aumentan el diámetro del estípote
- Aumentan su densidad para ganar soporte estructural
- La densidad del estípote varía: es mayor en la periferia que en el centro
- La biomasa de la copa: el raquis, el pecíolo y las hojas no varían después de los ocho años de edad
- La vegetación total en el sistema en una hectárea tiene que ser estimada. Esto incluye la parte viva y la parte muerta de la vegetación.

En la Tabla 1 se presentan los cálculos y correcciones realizadas en los diferentes datos proporcionados en las referencias bibliográficas para determinar la biomasa de una palma viva a la edad de 25 años que tiene las siguientes características:

- La densidad de siembra es de 143 palmas por hectárea (Bernal, 2001)
- Si no se reporta la copa se estima como equivalente al 65% del tallo (Copa = Tallo \* 0,65) (Brown, 1997)
- El tallo en la parte superior tiene una densidad menor que la densidad del estípote en las partes inferiores.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los estimados encontrados para una palma viva. De acuerdo con el método de cálculo empleado, los estimados varían en más de 35 t ha<sup>-1</sup>.

Además de la palma viva, en la *porción aérea* de una hectárea, la biomasa viva consta de hierbas espontáneas y coberturas de leguminosas o cualquier otra vegetación establecida y la parte muerta de hojarasca de palma y hojarasca de hierbas y de la cobertura. En la *porción subterránea*, la biomasa viva está compuesta de las raíces a una profundidad determinada (0,5 m de profundidad, por ejemplo, si es donde está la mayor exploración radical) y la biomasa muerta de la materia orgánica del suelo (MOS). La Tabla 3 presenta los rangos de estimados en una hectárea de palma.

**Tabla 1** Diferentes métodos para estimar la captura de carbono por la palma de aceite

Diferentes fórmulas	Diámetro cm	Largo m	Vol/palma m <sup>3</sup>	kg/tronco kg	tronco/ha t ha <sup>-1</sup>	copa/ha t ha <sup>-1</sup>	C total t ha <sup>-1</sup>	Detalles	Referencia
1- $W = \pi r^2 L * D$	0,4	12	1,51	603,19	86,26	56,07	71,16	D= 0,40, Copa=0,65 * T	Brown, 1997
2- $W = 10 + 6,4 * L$		12					48,4		Brown, 1997
3- Suma de varios cortes									Hassan <i>et al.</i> , 1977
Base del estípite	0,76	1,00	0,46	128,13	18,32		9,16	% M.S. 27,95	
parte baja	0,48	3,00	0,53	149,21	21,34		10,67	% M.S. 27,95	
parte media	0,42	3,00	0,41	100,49	14,37		7,19	% M.S. 24,41	
parte alta	0,39	2,16	0,26	51,82	7,41		3,71	% M.S. 19,88	
Suma		9,16			61,44		30,72		
para 12 m	0,39	2,87	0,35	68,96	9,86		4,93		
Total calculado		12,03			71,30	46,35	58,82	% M.S. 19,88	
4- Volumen de trozas									Tiong <i>et al.</i> , 1991
21 años	5,30	1,90	1,60	640,80	91,63		45,82	D= 0,40	
27 años	5,50	1,90	1,36	544,40	77,85		38,92		
promedio de 25 años	5,40	1,90	1,48	592,60	84,74		42,37		
para 12 m	0,39	1,74	0,21	41,75	5,97		2,98	% M.S. 19,88	
Suma total		12,00			90,71	58,96	74,84		
5- Palma de 23 años	0,42	7,48	1,04	310,89	44,46			dap y D estimados	Khalid <i>et al.</i> , 2000
para 12 m	0,39	4,52	0,55	108,45	15,51			para 143 palmas/a	
					59,97	25,77	42,87		
6- $W = 0,3747 L + 3,6334$		9,30		352,10	50,35		25,18		Thenkabil <i>et al.</i> , 2002
para 12 m	12,00		453,27	64,82		32,41		no contiene copa	
7- Palma de 12 años	7,50		137,6	19,68				copa=0,5	Rodríguez <i>et al.</i> , 2000
más estimado para 12 m	0,42	2,00	0,28	83,13	11,89				
para 12 m	0,39	2,50	0,30	59,98	8,58			% MS	
		12,00		40,14	16,37	31,21			

Con contenidos de C estimados entre 80 y 143 t C/ha, la comparación con otros sistemas de uso de la tierra (SUT) se presenta en la Tabla 4. De esta forma y en comparación por la captura de C, una hectárea de palma se parece mucho a un sistema agroforestal (SAF). Empezando de una sabana o pastura, las ganancias netas en captura de C son altas (Tabla 4). En comparación con un SAF, simple o complejo, como el sistema de referencia, un cultivo de palma ya cumple o sobrepasa esta captura de C.

Tradicionalmente se ha considerado un cultivo de palma como un monocultivo, pero con los esfuerzos realizados en los últimos años en los programas de manejo integrado de plagas, este “monocultivo” se ha convertido en un “sistema asociado de palma”, con coberturas permanentes

de leguminosas y uso de plantas nectaríferas, arvenses establecidas o espontáneas, no muy diferente a un SAF simple. Asimismo, el sistema de palma se ha integrado a la parte industrial para establecer ciclos cada vez más cerrados de nutrientes, con el uso de tusas y lodos, evitando fuentes potenciales de contaminación y reduciendo el uso de fertilizantes.

Con un alto potencial de captura de C y alta productividad económica, bastaría un cambio de actitud para pasar de ser un monocultivo a ser considerado como un sistema agroforestal y capitalizar en términos económicos y ecológicos la captura de C.

Como un SAF, en el sentido ambientalmente amigable, la palma de aceite tiene la capacidad de atender las necesidades de grandes, medianos

**Tabla 2** Estimados de la captura de C/ha por la palma de aceite

Referencia	Estimados de captura		
	Bajo	Medio	Alto
	(T C / Ha)		
Corley <i>et al.</i> , 1971 *	35,34		
Thinker y Smilde, 1963	40,58		
Thenkabil <i>et al.</i> , 2002	32,41		
Rodríguez <i>et al.</i> , 2000	31,21		
Henson, 1993	29,01		
Khalid <i>et al.</i> , 2000		43,41	
Brown, 1997		44,48	
Brown, 1997		48,40	
Hassan <i>et al.</i> , 1977 (Huber)		54,15	
Hassan <i>et al.</i> , 1977 (Newton)		56,32	
Brown, 1997			71,16
Tiong <i>et al.</i> , 1991			74,84
Poh <i>et al.</i> , 1991			70,13
Promedio	33,71	49,35	70,28

\* Citado por Corley y Thinker, 2003.

y pequeños agricultores. En la Costa Pacífica colombiana por ejemplo, donde la protección del bosque natural es una prioridad internacional, la alternativa del SAF palma de aceite para los pequeños agricultores se puede convertir en una atractiva alternativa a la explotación de bosques secundarios degradados. De esta forma es posible armonizar el desarrollo económico con la protección ambiental.

Colombia cuenta ahora con 10% de su área sembrada (16.000 hectáreas aproximadamente) que entran en el proceso de renovación

**Tabla 3** Estimados de C en una hectárea de palma de aceite

Contenido de C	Mínimo	Máximo
	T C/ha	
<b>Parte aérea</b>		
Tronco (estípites+copa) - bases peciolares	35	65
Sotobosque	1	6
Hojasca	1	2
<b>Suelo</b>		
Raíces	5	10 ?
MOS*	40	60 ?
Total estimado	80	143

\* MOS estimada a 50 cm de profundidad.

(Fedepalma, 1999). Aún no existe una infraestructura económica ni una política administrativa para aprovechar la captura de C lograda en los 25 años de acumulación de C de la palma. Es necesario realizar esfuerzos de investigación y desarrollo con otras industrias, si se quiere maximizar el potencial beneficio de la palma de aceite, ya que devolver la biomasa acumulada por su valor como fertilizante en forma de potasio o nitrógeno, minimiza el efecto potencial que podría tener el aprovechamiento de este material en la industria y sobre los efectos ambientales. Existen en la literatura múltiples ejemplos de la utilización de los estípites de la palma que aún no representan a la agroindustria un beneficio económico adicional importante (véase entre otros potenciales de uso industrial Roslan *et al.*, 1991; Poh *et al.*, 1991).✻

**Tabla 4** Comparación por captura de carbono entre diferentes alternativas de sistemas de uso de la tierra (SUT)\*

SUT	Duración (años)	Diferencia entre				
		Carbón Stocks			Carbón Stocks	
		Bajo	Modal	Alto (t C ha <sup>-1</sup> )	Bosque	Pastura
<b>Bosque</b>						
primario/secundario	?	192	230	276	-	-201
Cultivo/barbecho	4	32	34	36	-196	+5
Sist. AF complejo	25 - 40	65	85	118	-145	+56
Sist. AF simple	15	65	74	92	-156	+61
Palma de aceite	25 - 30	80	100	120	-130	+70

\*Adaptado de IPCC, Special Report on Emissions Scenarios, 2000.

## Bibliografía

- BERNAL, F. 2001. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor. Fedepalma, Bogotá, 186 p.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. A Forest Resources Assessment publication. Food and Agricultural Organization (FAO) paper number 134, FAO of United Nations, Rome [ISBN: 92-5-103955-0].
- CORLEY, R.H.V.; THINKER, P.B. 2003. The oil palm. 4th ed. Blackwell Science.
- FEDEPALMA. 1999. Censo Nacional de Palma de Aceite, Colombia 1997-1998. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Fedepalma, Bogotá, 259 p.
- HASSAN, K.M.; HUSIN, A.; DARUS; SUKAIMI, J. 1997. An estimated availability of oil palm biomass in Malaysia. PORIM occasional paper P.O. Res. Ins. Malaysia no.37.
- HENSON, I.E. 1993. Carbon assimilation, water use and energy balance of an oil palm plantation assessed using micrometeorological techniques. Porim Intl. Palm Oil Congress. Update and Vision (Agriculture). p.137-158.
- IPCC. 2000. Chapter 4. An Overview of Scenarios. Special Report on Emissions Scenarios. <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>.
- IPCC. 2001a. <http://www.ipcc.ch/present/graphics/2001syr/small/08.20.jpg>
- IPCC. 2001b. Chapter 19. Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Síntesis. Climate Change 2001: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability.
- KHALID, H.; ZAKARIA, Z.Z.; ANDERSON, J.M. 2000. Cuantificación de la biomasa de la palma de aceite y su valor nutritivo en una plantación desarrollada. I. La biomasa encima del suelo. *Palmas* 21, 1. p.67-77
- LAMADE, E. 2000. Carbon Sequestration and oil palm: What be reasonably expected? International Seminar on Agribusiness of Palm Oil: a social, economical and environmental alternative for sustainable development of the Amazon Region. Belem, Para. Brasil, Oct. 16-20.
- LAMADE, E.; SEYTO, I.E. 2002. Characterization of carbon pools and dynamic in oil palm and forest ecosystem application to environmental evaluation. Int. Oil Palm Conference. Nusa Dua, Bali. July 8-12, p.1-14.
- LEGGETT, J.; PEPPER, W.J.; SWART, R.J. 1992. Emissions Scenarios for IPCC: An Update. In: Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment [Houghton, J.T.; Callander, B.A.; Varney, S.K. (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.69-95.
- RODRÍGUEZ, M.; DO, R.L.; DOS SANTOS, J. de A.; BARCELOS, E. 2000. Carbono e Nitrogênio na biomassa aérea de cultivo do dendê em Latossolo Amarelo da Amazônia Ocidental. 2000. In: Congresso Brasileiro De Sistemas Agroflorestais: Manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3, 2000, Manaus, AM. Resumos expandidos. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.82-84.
- POH, H.M.; KILLMANN, W.; WONG, A.H.H.; DERAMAN, M. 1991. Press drying of oil palm trunks. Proceedings of the national seminar of oil trunk and other palm wood utilization. March 4-5, 1991. Kuala Lumpur, Malasya, p.124-130.
- ROSLAN, A.; TAHIR, H. M.; AHMAD, S.; RAMLI, R. 1991. Sawing performance of oil palm trunk using bandsaw. Proceedings of the national seminar of oil trunk and other palm wood utilization. March 4-5, 1991. Kuala Lumpur, Malasya, p.110-123.
- THENKABAIL, P.S.; STUCKY, N.; GRISCOM, B.W.; ASTON, A.S.; DIELS, J; VAN DEER MEER, B.; ENCLONA, E. 2002. Biomass estimation and carbon Stock calculations in the oil palm plantations of African derived savannas using Ikonos data. Center for earth Observation (CEO), Yale University, P.O. Box 208109. New Heaven, Connecticut 06511, U.S.A p.58.
- THINKER, P.B.H.; SMILDE, K.W. 1963. Dry matter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. II. Nutrient content. Plant and soil, Holand, v.19, p.350-363.
- TIONG, G.L.; TONG, L.G.; NGAN, Y.T.; YEE, H.C. 1991. Yield and utilization of oil palm trunk limber. Proceedings of the national seminar of oil trunk and other palm wood utilization. March 4-5, 1991. Kuala Lumpur, Malasya, p. 131-144.
- WOOMER, P.L.; PALM, C.A.; ALEGRE, J.; CASTILLA, C.; CORDEIRO, D.G.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J.; MOUKAM, A.; RICSE, A.; RODRÍGUEZ, V.; VAN NOORDWIJK, M. 2000. Slash and burn effects on Carbon Stocks in the Humid Tropics. In R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart (EDS). Global Climate Change and Tropical Ecosystems. CRC Press, Boca Raton, Fl., p.99-115.