

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN FUNCIÓN DEL SUELO Y RETENCIÓN DE CARBONO EN LA BIOMASA DE *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín & Mejía EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO UTCUBAMBA, AMAZONAS, PERÚ

SUSTAINABILITY INDICATORS IN SOIL FUNCTION AND CARBON SEQUESTRATION IN THE BIOMASS OF *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín & Mejía FROM THE MIDDLE Utcubamba RIVER BASIN, AMAZONAS, PERU

Jorge Luis Maicelo Quintana¹

Resumen

El estudio comprende la estimación de carbono retenido por la especie *Ceroxylon peruvianum* “pona”, la formulación de ecuaciones alométricas y selección de la mayor correlación estimada a partir de variables como diámetro altura de pecho (DAP) y altura de fuste. En la estimación de carbono se utilizaron 15 ejemplares de pona, distribuidas en la cuenca media del río Utcubamba, en un rango de altitud de 1500 a 2300 msnm.

Se utilizó el método directo, seccionando el fuste de 1 a 2 m y cortando muestras de 5 cm de espesor. Éstas, al igual que las muestras de ramas y hojas se secaron a 75 °C hasta peso constante. También se recolectaron muestras de suelo en el radio de cada planta a 3 niveles de profundidad para el análisis y determinación de la cantidad de carbono retenido.

La investigación permite seleccionar la ecuación potencial múltiple: **Biomasa Seca = 0.0080 * DAP^{2.8449} * Altura de Fuste^{0.4620}**, para la estimación de la cantidad de biomasa seca y carbono en *Ceroxylon peruvianum*, en bosques naturales y mixtos y en sistemas de producción de la cuenca media del río Utcubamba. Dicha ecuación presenta el mayor índice de correlación (r^2) de 0.966.

Palabras clave: *Ceroxylon peruvianum*, carbono, biomasa seca, DAP, altura fuste, ecuación alométrica.

Abstract

The study includes estimates of carbon sequestered by *Ceroxylon peruvianum* "pona", allometric equations formulation and selection of the highest correlation estimated from variables such as diameter at breast height (DBH) and stem height. In the estimation of carbon 15 pona trees were used, distributed in the middle Utcubamba river basin, ranging in an altitude range of 1500 to 2300 m.a.s.l.

The direct method was used, cutting the shaft into 1 to 2 m pieces and obtaining 5 cm thick samples. These samples and those of branches and leaves were dried at 75 °C until constant weight. Soil samples were collected in the radius of each plant in 3 levels of depth for carbon sequestration analysis.

The study selected the following multiple potential equation: **Dry Biomass = 0.0080 * DBH^{2.8449} * Stem Height^{0.4620}**, to estimate the amount of dry biomass and carbon in *Ceroxylon peruvianum*, in natural and mixed forests and in production systems in the middle Utcubamba river basin. The equation had the high correlation index (r^2) of 0.966.

Key words: *Ceroxylon peruvianum*, carbon, dry biomass, DBH, shaft height, allometric equations.

Introducción.

En la cuenca media del río Utcubamba existen diversas especies nativas, dentro de ellas la que mayor importancia ha demostrado es *Ceroxylon peruvianum* “pona”, forma parte del componente leñoso en los sistemas de producción agropecuaria, ya sea en asociación no sistemática como sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles con

componentes de especies arbóreas, pastos cultivados y mejorados y especies de ganado vacuno.

En la actualidad se estudia a uno de los compuestos que más influyen en el efecto invernadero, el dióxido de carbono, el cual ha alcanzado altas concentraciones en la atmósfera, ha aumentado de 280 ppm (partes por millón) en el año 1750, a 379 ppm en el 2004 (Díaz *et al.*, 2007).

Existen dos formas de capturar carbono por procesos bióticos o abióticos; fijación del CO₂ como biomasa por las plantas en el proceso de fotosíntesis y canalización de CO₂ producido en las industrias o fábricas hacia las profundidades del océano (Kimble & Follett, 2002).

Para la medición de la cantidad de biomasa aérea y carbono, se requiere realizar un análisis destructivo (Alegre *et al.*, 2000) o estimaciones alométricas que son más prácticas cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles (Brown *et al.*, 1989), la estimación alométrica usa un mayor número de árboles para muestreo, reduciendo el error experimental a la vez que proporciona datos más certeros (Chidiak *et al.*, 2003), Esta situación se da al usar componentes arbóreos, densidad de población y comunidad vegetal (Alegre *et al.*, 2000).

Los sistemas agroforestales combinados con café, caña de azúcar y frutales contribuyen al almacenamiento de carbono en el suelo que varía entre 20 y 204 t/ha (Ibrahim *et al.*, 2005) y la biomasa en el suelo de bosques puede llegar a los 230 y 190 t/ha (Brown, 1997).

Los suelos varían en la cantidad de carbono orgánico, oscilando de menos de 1% en suelos arenosos a más de 20% en los suelos de pantanos, los suelos que se forman bajos bosques tienden a acumular altos niveles de carbono orgánico del suelo próximos a la superficie y tienen niveles de carbono más bajos en el subsuelo, debido a la acumulación de residuos de hojas y madera en descomposición proveniente de las ramas y de los árboles que se acumulan en la superficie del suelo (McVay & Rice, 2002).

Los bonos de carbono pueden ser ofertados a países desarrollados a través de los mecanismos de desarrollo limpio (Inclán, 2005), aprovechando el alto costo de venta del carbono en la actualidad (Seoane *et al.*, 2011).

El objetivo principal de la investigación fue la determinación de las reservas de carbono para la valoración de la especie así como la formulación de indicadores de sustentabilidad respecto a la retención del carbono en el suelo y en la planta.

Materiales y métodos.

Material biológico y ubicación.- La especie *Ceroxylon peruvianum* “pona”, sólo se distribuye en el Perú en la región Amazonas (Galeano *et al.*, 2008), el estudio se desarrolló en la cuenca media del río Utcubamba, localidades de San Pablo de Valera, Cocachimba y San Carlos de la región Amazonas.

Muestreo.- Para obtener una distribución homogénea de datos en la generación de ecuaciones alométricas, se creó intervalos de confianza de DAP y altura de fuste; a partir de 106 ejemplares pre-muestreados en la localidad de estudio; al combinar dichos intervalos se obtuvo el número de muestra homogenizada.

Método de Estudio Directo en campo.- Se extrajo la parte aérea de 15 plantas, antes del derribo se realizó la medición de DAP y altura del fuste limpio. Luego se seccionaron el fuste y las ramas, el fuste fue cortado en tamaños de 1 a 2 m de largo, del cual se extrajeron rodajas de 5 cm de espesor, las ramas, flores y el fuste fueron pesados en campo.

Se extrajeron muestras de suelo de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm de profundidad, los depósitos de carbono almacenado es mayor y varía en los primeros 30 cm del suelo (Cifuentes, *et al.*, 2004); El alto porcentaje de materia orgánica es debido a la acumulación de residuos de hojas y ramas en descomposición (McVay & Rice, 2002).

En laboratorios.-Las muestras del fuste de la especie *Ceroxylon peruvianum* fueron secadas en estufas a 75 °C, hasta peso constante (González, 2008).

Determinación de biomasa seca (BS).- La biomasa seca de cada componente del árbol se determinó mediante la relación peso seco - peso fresco de las muestras en cada componente: **BS componente = (PS muestra / PH muestra) * BH**

Donde; BS es biomasa seca del componente en kg, PS es peso seco de la muestra en g, PH es peso húmedo de la muestra en g y BH es biomasa húmeda del componente en kg.

La biomasa seca total de cada árbol es determinada sumando la biomasa seca de cada uno de sus componentes, según González (2008):

$$\text{BS total individuo} = \text{BS fuste} + \text{BS hojas}$$

Determinación de carbono total (CT).- La determinación de carbono total en la parte aérea se realizó multiplicando la biomasa seca por el factor 0.5674 que corresponde a la especie *Ceroxylon peruvianum*, resultado del análisis de tejido vegetal realizado en los laboratorios de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

$$\text{CT individuo} = \text{BS total individuo} * 0.5674$$

Donde; CT es carbono total, BS es biomasa seca y 0.5674 es el factor de conversión para *Ceroxylon peruvianum*, obtenido del análisis de resultados de carbono en tejido vegetal (Tabla N° 1).

Este contenido de carbono se convirtió en equivalentes de CO₂, el factor de conversión fue de 3.666 resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de carbono (12) (Valenzuela, 2001).

Formulación de ecuaciones alométricas-método indirecto.- Ecuaciones generadas en base a variables dasométricas como altura de fuste, DAP y datos de biomasa seca. Se realizó un análisis estadístico, consistente en pruebas de regresión múltiple, con el objetivo de definir la mejor correlación (r²) entre la variable dependiente respecto a las independientes, utilizando softwares estadísticos como SPSS 17.0, Microsoft Excel 2010, HidroEsta, Statgraphics Plus (Brown, 1997).

Resultados y discusión.

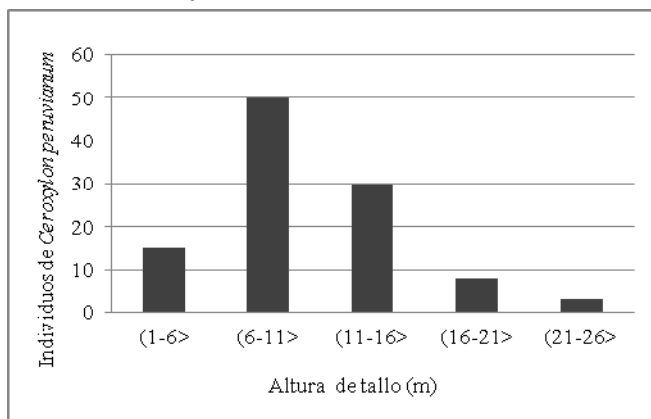


Figura 1. Histograma de distribución de frecuencias de las alturas de fuste de individuos de *Ceroxylon peruvianum*.

Fuente: Medida de altura de fuste en 106 individuos de *Ceroxylon peruvianum*. Diciembre 2010.

Tabla 2. Porcentaje de carbono, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico en el suelo, en ejemplares de *Ceroxylon peruvianum* colectados en el estudio.

	% Carbono en el suelo	% Materia Orgánica en el suelo	Capacidad de Intercambio Catiónico
Promedio	3.85	6.63	20.13

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM. Enero 2011.

La medición de la altura en árboles es fácil y rápida, así genera un menor costo y tiempo de muestreo para la proyección de biomasa seca, carbono o CO₂ almacenado en especies forestales en una determinada área (Brown, 1997).

Se obtuvo un total de 15 unidades, 3 muestras con

Tabla 1. Porcentaje de carbono (C%) en el tejido vegetal en ejemplares de *Ceroxylon peruvianum* colectados en el estudio.

Claves	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Promedio
C %	55.92	57.25	56.79	56.38	56.67	56.51	57.10	57.16	57.13	56.60	57.10	56.61	56.69	56.99	56.13	56.74

Fuente: Análisis de datos obtenidos en laboratorios de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM. Enero 2011.

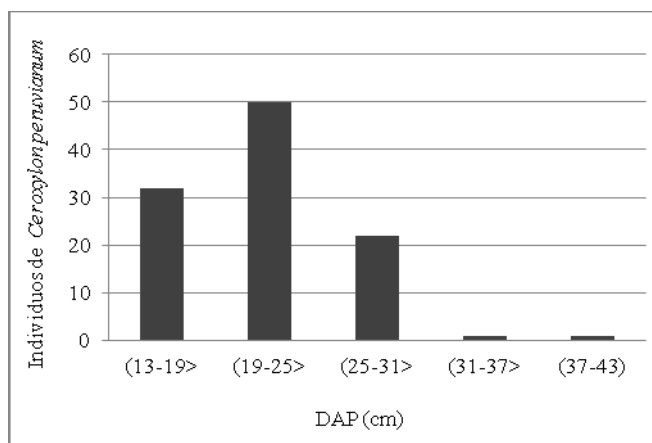


Figura 2. Histograma de distribución de frecuencias de DAP de individuos de *Ceroxylon peruvianum*.

Fuente: Medida de DAP en 106 individuos de *Ceroxylon peruvianum*. Diciembre 2010.

La altura de los árboles es un indicador de la edad y a la vez es un indicador de biomasa aérea y carbono, la concentración de individuos entre las alturas de 6 a 11 m indican ejemplares adultos, entre los 50 y 100 años de edad (Alegre *et al.*, 2000).

La altura de fuste es una de las variables dasométricas independientes más usadas para el cálculo de biomasa seca, genera un alto índice de correlación con la variable dependiente biomasa seca.

DAP diferentes (intervalos de confianza, figura N° 1) por cada intervalo de altura de fuste (Figura N° 2). La biomasa aérea almacenada, varía en función de la edad, altura de los componentes arbóreos y por comunidad vegetal (Alegre *et al.*, 2000).

El porcentaje de carbono retenido en *Ceroxylon peruvianum* es de 56.74% detallado en la Tabla N° 1, es mayor al factor encontrado por Valenzuela (2001), del 50% en especies forestales.

En la Tabla N° 2; Existe correlación entre el porcentaje de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, utilizando una correlación bivariada con coeficiente de Spearman, con un $r = 0.829^{**1}$ (Tabla N° 2). El carbono orgánico se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, donde la materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico (Martínez *et al.*, 2008).

El 6.63% de materia orgánica secuestrada en los suelos con presencia de *Ceroxylon peruvianum* es elevado. En otros sistemas este porcentaje de materia orgánica proporciona el 5% de nitrógeno para las plantas (Julca *et al.*, 2006)

¹ ** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).

El contenido de materia orgánica encontrado en los suelos de San Pablo de Valera, Cocachimba y San Carlos sin comunidades vegetales de pona es de 2.75% (PRODETFOR, 2011), menor al contenido de materia orgánica encontrado en suelos con presencia de *Ceroxylon peruvianum* (6.63%) indicando buena fertilidad de acuerdo a su concentración (Torre, 2011).

Tabla 3. Determinación de la concentración de carbono total de *Ceroxylon peruvianum*

	Biomasa Húmeda (Kg)	Biomasa Seca (Kg)	Carbono Total (Kg)	CO ₂ (Kg)	% Carbono total
	(BH)		(+)	(++)	(+++)
Promedio Porcentual	380.49	172.85	98.07	359.54	26.80

Fuente: Análisis de datos obtenidos en campo y laboratorios del INDES-CES de la UNTRM.

(+) Carbono total resultado de la multiplicación de biomasa seca y el factor 0.5674, factor que fue obtenido del análisis de carbono en el tejido vegetal de *Ceroxylon peruvianum*.

(++) El factor de conversión 3.666 es resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de carbono (12), que multiplica al carbono total para la proyección de CO₂ en Kg.

(+++ El porcentaje de carbono total respecto a biomasa húmeda es 26.80%. Se realizó para determinar la cantidad de carbono promedio que posee un ejemplar de *Ceroxylon peruvianum* en pie.

Tabla 4. Comparación de la retención de carbono en especies forestales.

Especie forestal	Nombre común	Contenido De Carbono (%)
<i>Ceroxylon peruvianum</i>	Pona	56.74
<i>Mauritia flexuosa</i> L.f	Aguaje	48.04
<i>Abies vejarrí</i>	Abeto	47.35
<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Cedro blanco	49.23
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	Cedro	50.65
<i>Picea mexicana</i> Martínez	Ciprés	46.98
<i>Pinus arizonica</i> Engelm	Pino amarillo	49.36
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Pino negro	46.87

Fuente: Jiménez *et al.* (2008) & Freitas *et al.* (2006).

El contenido de carbono en *Ceroxylon peruvianum* es 56.74%, superior a lo encontrado en *Mauritia flexuosa* L.f, 48.04% (Freitas *et al.*, 2006) y en *Juniperus deppeana* Steud, 50.65% (Jiménez *et al.*,

2008) observados en el Tabla N° 4; Influenciado por el factor de conversión 0.5674 (Tabla N° 1) usado para *Ceroxylon peruvianum*.

(*) La ecuación potencial múltiple fue la seleccionada para proyectar la cantidad de materia seca en *Ceroxylon peruvianum* y su posterior estimación a carbono y CO₂ por individuo en una determinada área, el cual generó una ecuación potencial múltiple con un coeficiente de correlación de 0.9660.

Donde: DAP es diámetro a la altura del pecho, AF es altura de fuste y BS es biomasa seca.

El análisis de regresión a partir de variables dasométricas genera ecuaciones simples y múltiples, para *Ceroxylon peruvianum*, la ecuación con mayor índice de correlación es la ecuación con mayor índice de correlación es la ecuación múltiple (Tabla N° 5), que usa dos variables independientes, altura de fuste y DAP; la gráfica correspondiente a dicha ecuación es tridimensional o superficie respuesta (Figura N° 3), esta establece la tendencia de biomasa seca respecto a las variables independientes, la figura determina una estimación global por sistema (Bonilla, 2009).

La proyección de biomasa seca es directamente proporcional a las variables altura de fuste y DAP, a medida que estas se incrementan la biomasa seca sufre un incremento proporcional (Figura N° 3), la superficie respuesta generada proporciona un análisis visual de la biomasa seca y el carbono secuestrado, respecto a la altura de fuste y DAP, permitiendo evaluar las condiciones de un bosque y cuantificar la cantidad de CO₂ fijado (Méndez *et al.*, 2011).

Conclusiones.

- La combinación de 5 intervalos de confianza respecto a altura de fuste y 3 intervalos de confianza respecto a DAP, reportaron 15 unidades muestrales.
- La especie *Ceroxylon peruvianum* analizada en la cuenca media del Utcubamba presenta un porcentaje de captura de carbono de 56.74%, superior La combinación de 5 intervalos de a otras especies forestales estudiadas.
- El 6.63% de contenido de materia orgánica en los suelos con presencia de *Ceroxylon peruvianum*, es un indicador de sustentabilidad que determina un suelo con buenas características orgánicas vinculado con la disponibilidad de nutrientes para las plantas en uso agroforestal.

- Existe correlación altamente significativa entre la concentración de materia orgánica y capacidad de intercambio Catiónico.
- Las especies de *Ceroxylon peruvianum* tiene en promedio 98.07 Kg de carbono retenido en el tejido vegetal de la parte aérea.
- La ecuación para la proyección de biomasa seca y carbono en *Ceroxylon peruvianum*, con mayor "r" es la ecuación potencial múltiple **Biomasa Seca = 0.0080*DA^{2.8449} *Altura de Fust^{e0.4620}**
- La superficie respuesta generada por la ecuación potencial múltiple, presenta una tendencia creciente proporcional, entre la variable respuesta biomasa seca y las variables independientes altura de fuste y DAP.

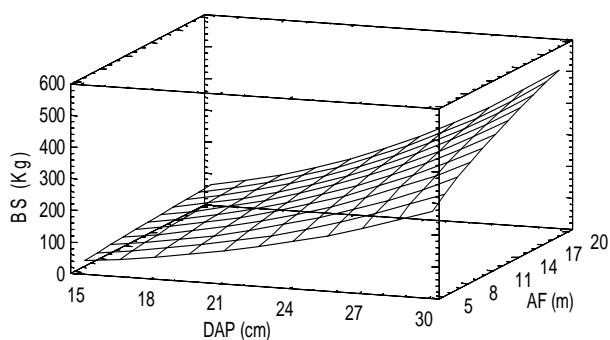


Figura 3. Superficie respuesta, generada por la ecuación alométrica con mayor índice de correlación, **BS = 0.0080*DA^{2.8449} * AF^{0.4620}**
 Fuente: Diámetro altura de pecho, altura de fuste y biomasa seca analizados en Statgraphics Plus.

Agradecimientos.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva "INDES-CES" de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas "UNTRM" por reconocer la importancia de la determinación de carbono en especies forestales nativas con el fin de buscar el mejor aprovechamiento sostenible de bosques en la región, así como diseñar estrategias, planes, propuestas o proyectos de conservación y manejo sustentable de los ecosistemas de la Región Amazonas.

Al Proyecto SNIP N° 70066 "Desarrollo de Tecnologías para la Reforestación y Forestación en Zonas de Amortiguamiento de la Cuenca Media del

Tabla 5. ecuaciones alométricas, índice de correlación analizado en *Ceroxylon peruvianum*.

Tipo de ecuación	Ecuación alométrica	r ²
Ecuación lineal simple	BS = -374.054 +(24.367 * DAP)	0.917
Ecuación cuadrática simple	BS = 77.746-(17.307*DAP)+(0.940*DAP ²)	0.926
Ecuación cúbica simple	BS = -7.30+(3.039*DAP)+(0.14*DAP ³)	0.926
Ecuación lineal múltiple 1	BS = -371.585+(20.991*DAP)+(5.107*AF)	0.951
Ecuación potencial múltiple (*)	BS = 0.008*(DAP ^{2.8449})*(AF ^{0.4620})	0.9660
Ecuación lineal múltiple 2	BS =-100.738+(8.23432*DAP)-(18.0297*AF)+(1.17655*DAP*AF)	0.9659

Fuente: Análisis de regresión con softwares estadísticos: SPSS 17.0, Microsoft Excel 2010, HidroEsta, Statgraphics Plus, donde r² es el índice de correlación.

Río Utcubamba, PRODETFOR" por facilitar la logística para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Al equipo de profesionales, técnicos y asistentes del PRODETFOR por las facilidades prestadas en la determinación de datos preliminares y apeo de los ejemplares.

A los pobladores de las localidades de San pablo de Valera y Cocachimba por la atención y facilidades prestadas en el desarrollo de la investigación.

Literatura citada.

Alegre J., Ricse A., Arévalo L., Barbarán J. & Palm C. 2000. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU). Perú.

Bonilla E. 2009. Uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus montezumae* Lamb. Universidad Autónoma Chapingo División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.

Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. University of Illinois. Illinois, USA.

Brown S., Gillespe A. & Lugo E. 1989. Biomass estimation for tropical forest with applications to forest inventory data. USA.

Cifuentes M., Jobse J., Watson V. & Kauffman B. 2004. Determinación de carbono en suelos de diferentes tipos de uso de tierra a lo largo de una gradiente climática en Costa Rica. OregonStateUniversity. Centro Científico Tropical de Costa Rica. USDA.Forest Service. Institute of Pacific Islands Forestry.

Chidiak M., Moreyra A. & Greco C. 2003. Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos. Centro de Investigación para la transformación. Universidad de San Andrés. Buenos Aires, Argentina.

Díaz R., Acosta M., Carrillo F., Buendía E., Flores E. & Etcheves J. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus*

- patula* Schl. et Cham. Madera y Bosques, primavera. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.
- Freitas L., Otárola E., Castillo D., Linares C., Martínez D. & Malca G. 2006. Servicios Ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema de aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria, Loreto–Perú. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- Galeano G., Sanin M. & Mejia K. 2008. Novedades en el género *Ceroxylon* (Arecaceae) del Perú, con la descripción de una nueva especie. Las palmeras en América del Sur. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- González M. 2008. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpavar.* Ochoterena Mtz. y Quercus sp. en el norte del Estado de Chiapas, México. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Ibrahim M., Chacón M., Mora J., Zamora S., Gobbi J., Llanderal T., Harvey A., Murgueitio E., Casasola F., Villanueva C. & Ramirez E. 2005. Opportunities for Carbon Sequestration and Conservation of Water Resources on Landscapes Dominated by Cattle Production in Central America. CATIE Inter-American Scientific Conference Series: Integrated management of environment services in human-dominated tropical landscape. Colombia.
- Inclán U. 2005. Mercado de Bonos de Carbono y sus beneficios potenciales para proyectos en México. SENER-CONAE. Tijuana, Baja California.
- Jiménez J., Aguirre A. & Yerena, J. 2008. Contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México. Comisión Nacional forestal. Departamento de Silvicultura. Facultad de ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Julca A., Meneses L., Blas R. & Bello S. 2006. La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de su uso en la Agricultura. IDESIA. Chile.
- Kimble J. & Follett F. 2002. Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil. Lewis Publishers, EUA.
- Martínez E., Fuente J. & Acevedo E. 2008. Carbono Orgánico y Propiedades del suelo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Laboratorio de relación Suelo-Agua-Planta. Santiago de Chile.
- McVay K. & Rice C. 2002. El Carbono Orgánico del Suelo y el Ciclo Global del Carbono. Universidad del Estado de Kansas. Kansas, Estados Unidos.
- Méndez J., Luckie S., Capó M. & Nájera J. 2011. Ecuaciones Alométricas de Incrementos en Biomasa Aérea y Carbono en una Plantación Mixta de *Pinus devoniana* Lindl. y *Pinus pseudostrobus* Lindk; en Guanajuato, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Instituto Tecnológico del Salto. Durango, México.
- Torre B. 2011. Análisis de Suelos: Caracterización. Laboratorios de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Facultad de Agronomía- Departamento de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- PRODETFOR (Desarrollo de Tecnologías para la Forestación y Reforestación en Zonas de Amortiguamiento de la Cuenca Media del Río Utcubamba). 2011. Caracterización y Evaluación de Suelos en la Cuenca Media del Río Utcubamba, en los distritos: San Pablo de Valera, Churuja, Jazán, San Carlos, Shipasbamba y Cuispes. Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú.
- Seoane P., Allué R., Postigo M., Rábade M. & Cordón M. 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría General Técnica. Boletín mensual. España.
- Valenzuela H. 2001. Estimación de secuestro de carbono en bosques naturales de Oyamel en el sur del distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

¹Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, INDES-CES de la UNTRM, Ciudad Universitaria – Barrio Higos Urco – Chachapoyas – Amazonas – Perú, jorge.maicelo@untrm.edu.pe