

Análisis del sistema de información y conocimiento respecto a los ecosistemas de las palmeras *Ceroxylon peruvianum* galeano, Sanín & Mejía en la cuenca media del río Utcubamba

System analysis of information and knowledge regarding the palms Ecosystems *ceroxylon peruvianum* galeano, Sanín & Mejía in the middle basin of the river Utcubamba

¹Jorge Luis Maicelo Quintana^a, ²Julio César Alegre Oriuela^b

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 utilizó 15 ejemplares de pona, distribuidos 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 metros; a partir de estos se cortó muestras de 5 cm de espesor, de igual forma las muestras de ramas y hojas, las muestras se secaron a 75 °C hasta peso constante, se recolectó muestras de suelo en el radio de cada planta en 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 carbono y CO₂ en *Ceroxylon peruvianum*, en bosques naturales y mixtos y en sistemas de producción de la cuenca media del río Utcubamba, ecuación utilizada por presentar el mayor índice de correlación r² de 0,966.

Palabra clave: *Ceroxylon peruvianum*, carbono, biomasa seca, ecuación alométrica.

ABSTRACT

The study includes estimates of carbon stored by the species *Ceroxylon peruvianum* "pona", the development of allometric equations and selection of the highest correlation estimated from variables such as diameter at breast height (DBH) and height of stem. In the estimation of carbon used 15 copies of pona distributed in the middle of the river basin Utcubamba, ranging in altitude from 1500 to 2300 msnm.

We used the direct method, cutting the stem 1 to 2 meters from these are short samples of 5 cm thick, just as samples of branches and leaves, samples were dried at 75 °C until constant weight, Soil samples collected in the radius of each plant in 3 levels of depth for the analysis and determination of the amount of carbon sequestered.

Research allows you to select multiple potential equation: **Dry Biomass = 0.0080 * DAP^{2.8449} * Height Fuste^{0.4620}**, to estimate the amount of carbon and CO₂ *Ceroxylon peruvianum* in natural forests and mixed production systems of the basin middle of the river Utcubamba equation used to present the highest correlation index of 0.966 r².

Key words: *Ceroxylon peruvianum*, carbon, DAP, stem height, dry biomass, allometric equation. ing.

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. ² Universidad Nacional Agraria La Molina.

^a Ing. Zootecnista ^b Ing. Agrónomo

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”, especie que está como componente leñoso de los sistemas de producción agraria y ganadera, ya sea en asociación no sistemática como sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles asociados con pastos naturales y mejorados y especies de ganado vacuno. En este escenario se conoce 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 o dentro del manto freático (Kimble y López 2002). Para la medición de la cantidad de biomasa aérea y

carbono, se requiere realizar un análisis destructivo (Alegre et al. 2001) y estimaciones alométricas que son más prácticas cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles (Brown et al. 1989), usa un mayor número de árboles para muestreo, reduciendo así el error experimental proporcionando datos más certeros (Hairiah et al. 2001 y Chidiak 2003) usando componentes arbóreos, densidad de población y comunidad vegetal (Alegre et al. 2000).

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 y Cocachimba, de la región Amazonas.

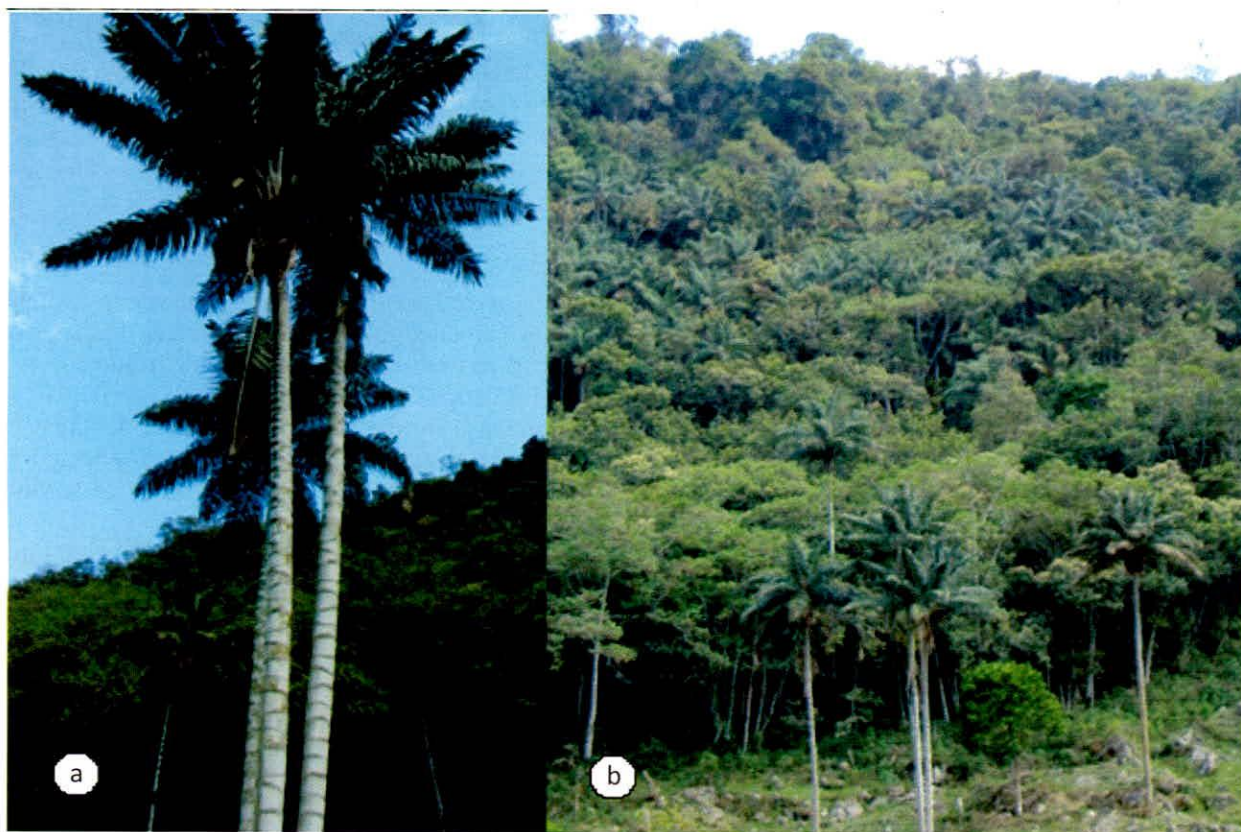


Figura 1. a. *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín & Mejía. b. Hábitat (San Pablo de Valera, Perú).

Método de Estudio Directo en campo. Se extrajo la parte aérea de 15 plantas. Antes del derribo se realizó la medición de DAP, la altura del fuste limpio. Se seccionó el fuste y las ramas, el fuste fue

seccionado en tamaños de 1 a 2 m de largo, del cual se extrajo rodajas de 5 cm de espesor, las ramas, flores y el fuste fueron pesados en campo.



Figura 2. c. Medida del DAP. d. Pesado del fuste seccionado. e. Muestras cortadas, codificadas y empacadas.

En laboratorios. Las muestras fueron secadas en estufas a 75 °C, hasta peso constante (González 2008); se realizó un análisis de carbono en el suelo en un radio de un metro al pie de cada uno de los

ejemplares; se extrajo muestras en tres diferentes niveles de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm de profundidad.

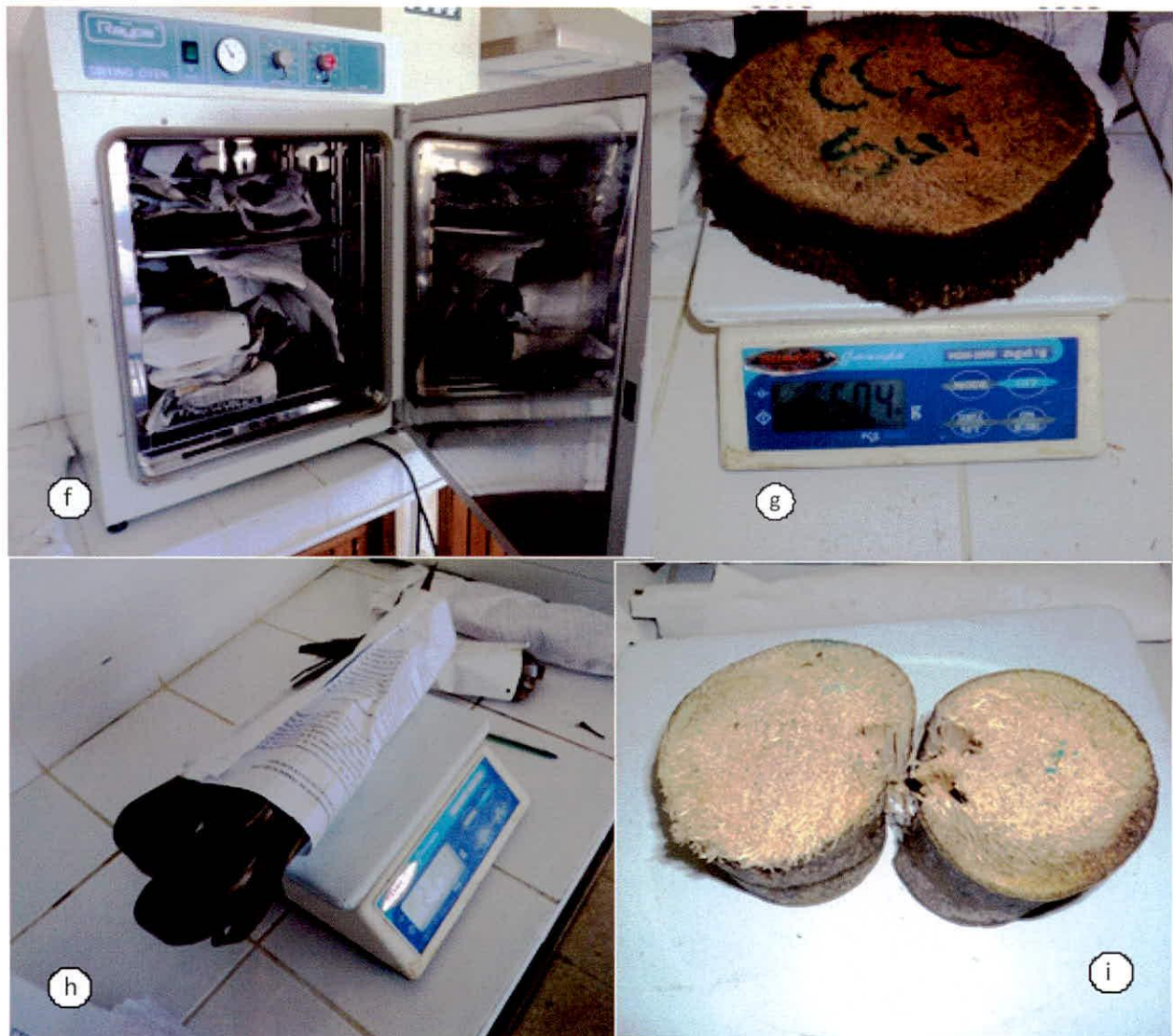


Figura 3. f. Muestras empacadas y secadas en estufa a 75 °C. g. Pesado de muestra de fuste. h. Pesado de muestras de hojas y ramas. i. Muestra de fuste con peso constante.

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.

$$BS \text{ componente} = (PS \text{ muestra} / PH \text{ muestra}) * BH$$

Donde:

- BS = Biomasa seca del componente (kg);
- PS = Peso seco de la muestra (g);
- PH = Peso húmedo de la muestra (g);
- BH = Biomasa húmeda del componente (kg).

La biomasa seca total de cada árbol es determinada sumando la biomasa seca de cada uno de sus

componentes, según González (2008):

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

Determinación de carbono total (CT). La determinación de carbono total en la parte aérea se realizó multiplicando la biomasa seca por el factor 0.5, utilizado por Valenzuela (2001) en varias especies vegetales; en la especie *Ceroxylon peruvianum*, el factor usado fue 0.5674 según el análisis de tejido vegetal en los laboratorios de suelos, plantas, agua y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

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

Donde:

CT = Carbono total

BS = Biomasa seca

0.5674 = Factor de conversión para *Ceroxylon peruvianum*, obtenido del análisis de resultados de carbono en tejido vegetal (Cuadro N° 01)

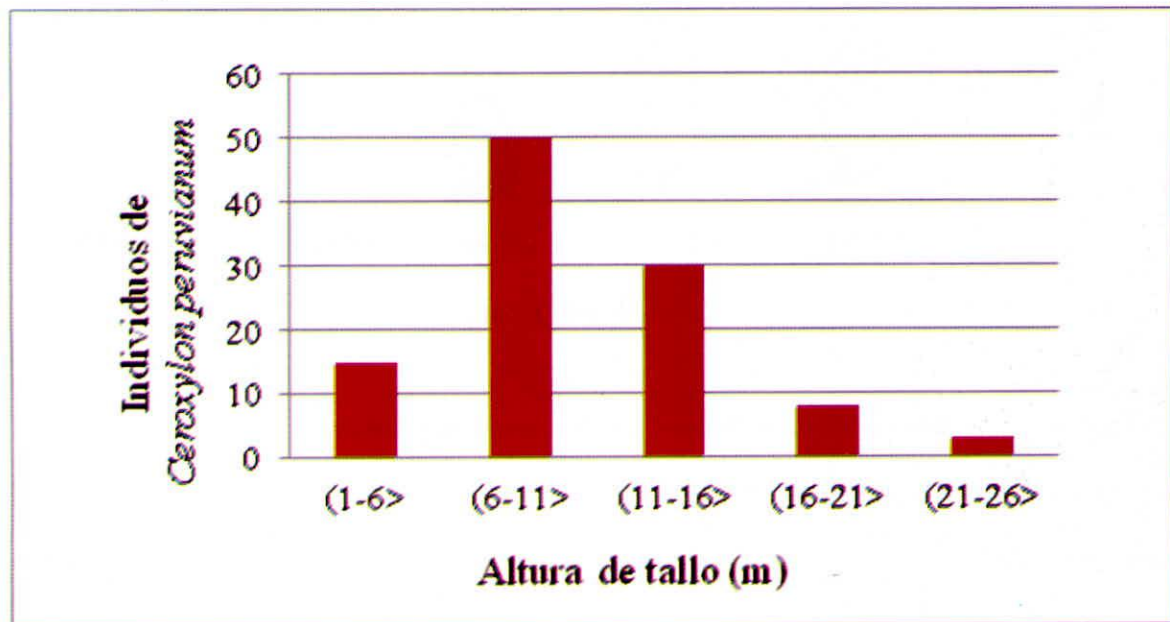
Este contenido de carbono se convirtió en equivalentes de CO₂, el factor de conversión fue de 3.666 resultado de la división entre el peso molecular del CO₂ (44) por el peso molecular de

carbono (12) (Valenzuela 2001).

Formulación de ecuaciones alométricas - método indirecto. Se formuló ecuaciones, 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 (r^2) 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 01: 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 01: Distribución de frecuencias de alturas de fuste en individuos de *Ceroxylon peruvianum*.

Rango de alturas (m)	Tabulación	Valor de clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
(1-6>	15	3.5	15	0.14	15
(6-11>	50	8.5	50	0.47	65
(11-16>	30	13.5	30	0.28	95
(16-21>	8	18.5	8	0.08	103
(21-26>	3	23.5	3	0.03	106
Suma			106	1.00	

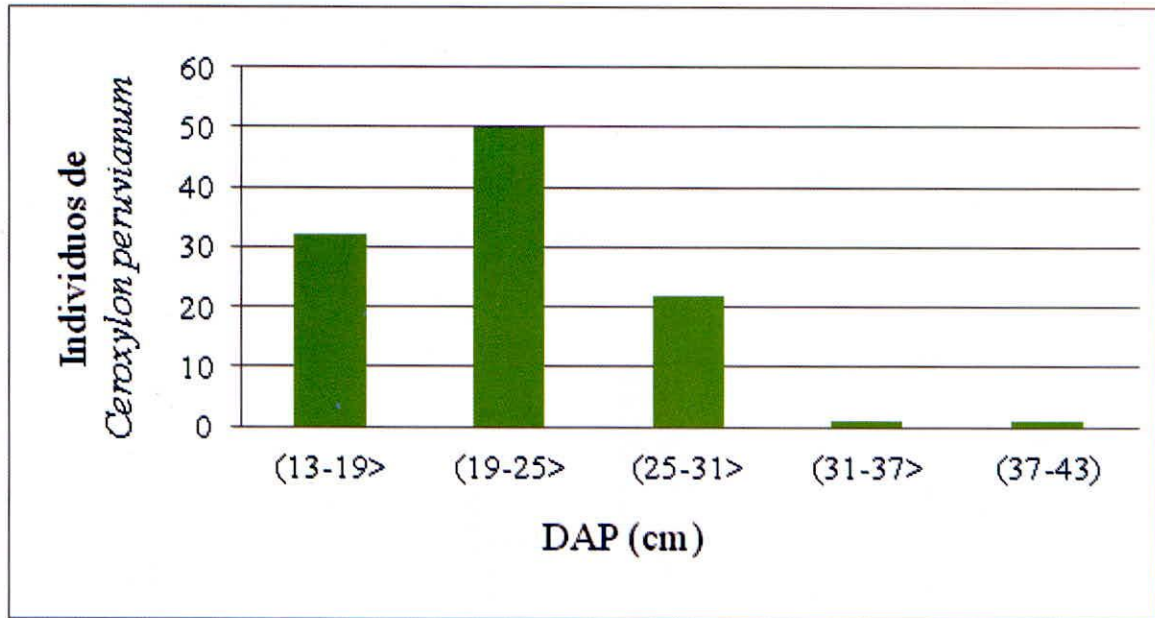
Fuente: Datos de altura de fuste en *Ceroxylon peruvianum*. Diciembre 2010.

Las alturas de los árboles son indicadores de edad y se los usa como indicador de biomasa aérea y carbono. La concentración de individuos entre las alturas de 6 a 11 metros indica 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; la medición de 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 forestales en una determinada área (Brown 1997).

Figura 02: Histograma de distribución de frecuencias de DAP de individuos de *Ceroxylon peruvianum*



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

Tabla 02: Distribución de frecuencias de DAP en individuos de *Ceroxylon peruvianum*

Rango de DAP (cm)	Tabulación	Valor de clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
(13-19>	32	16	32	0.30	32
(19-25>	50	22	50	0.47	82
(25-31>	22	28	22	0.21	104
(31-37>	1	34	1	0.01	105
(37-43)	1	40	1	0.01	106
Suma			106	1.00	

Fuente: Datos de DAP en *Ceroxylon peruvianum*. Diciembre 2010.

En la creación de intervalos de confianza previos al corte, se generaron al combinar datos de altura de fuste y DAP, cinco intervalos con respecto a altura de fuste en metros (Figura 01) y tres intervalos de confianza según el DAP (Figura 02). Para obtener una distribución homogénea de datos en la generación de ecuaciones alométricas, se utilizaron datos de 106 ejemplares muestreados, de las

localidades en estudio. Se obtuvo un total de 15 unidades muestrales, 3 muestras con DAP diferentes (intervalos de confianza) por cada intervalo de altura de fuste. La biomasa aérea almacenada, varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos y por comunidad vegetal (Alegre et al. 2000).

Tabla 3: Porcentaje de carbono 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.

El porcentaje de carbono en *Ceroxylon peruvianum* (56,74%) detallado en el cuadro N° 03, es mayor al factor encontrado por Valenzuela (2001), del 50% en especies

forestales, indicador que demuestra la concentración de carbono usado como factor de conversión para la proyección de la cantidad de carbono retenido por individuos en un área.

Tabla 4: Porcentaje de carbono en el suelo, en ejemplares de *Ceroxylon peruvianum* colectados en el estudio

N°	% Carbono en el suelo	% Materia Orgánica en el suelo	Capacidad de Intercambio Catiónico
1	2.96	5.10	15.25
2	2.91	5.02	17.33
3	2.65	4.57	15.09
4	2.96	5.10	14.93
5	4.44	7.65	20.37
6	5.65	9.74	25.65
7	3.48	6.00	21.01
8	3.25	5.60	18.08
9	2.68	4.62	10.35
10	2.27	3.91	11.15
11	5.49	9.46	25.97
12	3.89	6.71	23.04
13	4.03	6.95	26.08
14	5.17	8.91	25.55
15	5.89	10.15	32.11
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.

Existe correlación altamente significativa entre el porcentaje de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, utilizando una correlación bivariada con coeficiente de Spearman, con una $r = 0.829^{**}$ (Tabla 04). El carbono orgánico se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, donde la materia orgánica del suelo 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 y proporciona el 5 % de nitrógeno para las plantas (Julca et al. 2006 y Torre 2011). El alto porcentaje de materia orgánica es debido a la acumulación de residuos de hojas y ramas en descomposición (McVay y Rice 2002) y es mayor

en los primeros 30 cm de profundidad (Cifuentes et al. 2004).

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

El contenido alto de materia orgánica encontrado en suelos de San Pablo de Valera y Cocachimba, es similar al contenido de materia orgánica encontrado en suelos con presencia de *Ceroxylon peruvianum* (6.63 %) indicando fertilidad en los suelos (PRODETFOR 2011).

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

* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

Tabla 05: Determinación de la concentración de Carbono Total de *Ceroxylon peruvianum*

Nº	Biomasa Húmeda (Kg) (BH)	Biomasa Seca (Kg) (BS)	Carbono Total		% (CT respecto a BH) (***)
			(Kg) (CT) (BS *0.5674) (*)	CO ₂ (CT * 3.666) (Kg) (**)	
1	110.04	39.24	22.26	81.62	20.23
2	217.94	93.86	53.26	195.24	24.44
3	210	80.06	45.43	166.53	21.63
4	120.8	79.86	45.31	166.12	37.51
5	284.82	138.17	78.4	287.41	27.53
6	350.84	186.75	105.96	388.46	30.2
7	285.7	153.91	87.33	320.15	30.57
8	461.2	192.54	109.25	400.5	23.69
9	286.64	185.54	105.28	385.94	36.73
10	504.14	230.77	130.94	480.02	25.97
11	619.72	272.38	154.55	566.57	24.94
12	814.02	331.48	188.08	689.51	23.11
13	680.56	262.45	148.91	545.92	21.88
Promedio Porcentual			98.07	359.54	26.80

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

(*) El factor 0.5674, 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), para la proyección de Co₂.

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

Tabla 06: Comparación de la retención de carbono en especies forestales

Especie forestal	Nombre común	Contenido de carbono (%)
<i>Ceroxylon peruvianum</i>	Pona	56.74
<i>Maurritia flexuosa</i> L.f	Aguaje	48.04
<i>Abies vejarii</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) y Freitas et al. (2006).

El contenido de carbono en *Ceroxylon peruvianum* es 56.74 %, superior a lo encontrado en *Maurritia flexuosa* L.f, 48.04 % (Freitas et al. 2006) y en *Juniperus deppeana* Steud, 50.65 % (Jiménez et al. 2008) observados en el cuadro N° 06; para *Ceroxylon peruvianum*, el factor fue 0.5674

(Cuadro N° 03), que incrementa la proyección de carbono en esta especie, a diferencia del factor 0.5 usado en especies forestales en general (Valenzuela 2001).

Los bonos de carbono pueden ser ofertados a países

desarrollados a través de los mecanismos de desarrollo limpio (Inclán 2005). La pona como especie forestal es potencial para generar proyectos

de secuestro de carbono y ofertar sus bonos aprovechando el alto costo de venta del carbono en la actualidad (Seoane 2011).

Tabla 07: 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

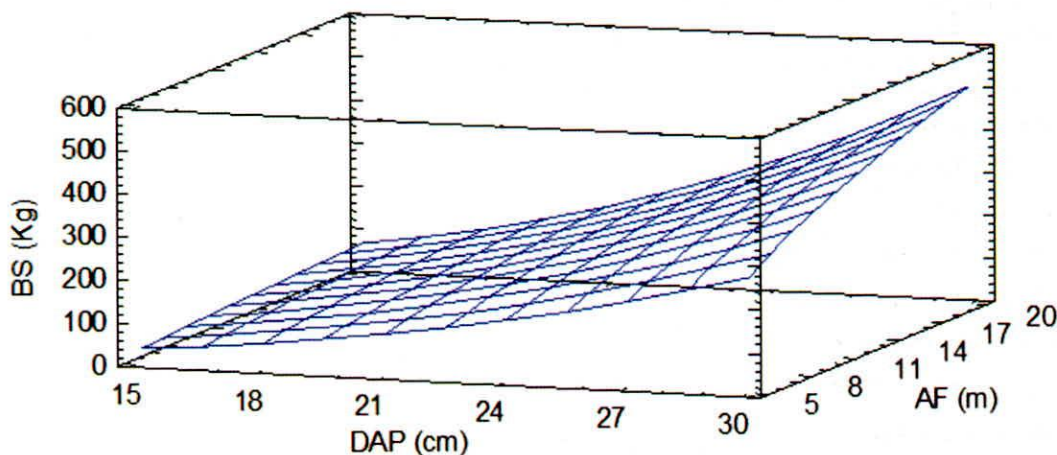
Fuente: Análisis de regresión con softwares estadísticos: SPSS 17.0, Microsoft Excel 2010, HidroEsta, Statgraphics Plus.

(*) 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.

Figura 03: Superficie respuesta, generada por la ecuación alométrica con mayor índice de correlación, $BS = 0.0080 * DAP^{2.8449} * AF^{0.4620}$



Fuente: Datos de DAP (diámetro altura de pecho), AF (altura de fuste) y BS (biomasa seca) analizados en Statgraphics Plus.

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 potencial múltiple, que usa dos variables independientes, altura de fuste y DAP, la gráfica correspondiente a dicha ecuación es tridimensional o superficie respuesta (Gráfico N° 03), ésta establece la tendencia de biomasa seca respecto a interacción entre las variables independientes, el gráfico determina una estimación global por sistema (Bonilla 2009).

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 potencial múltiple, que usa dos variables independientes, altura de fuste y DAP, la gráfica correspondiente a dicha ecuación es tridimensional o superficie respuesta (Gráfico N° 03); ésta establece la tendencia de biomasa seca respecto a interacción entre las variables independientes, el gráfico 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 (Gráfico N° 03), 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

1. La combinación de 5 intervalos de confianza respecto a altura de fuste y 3 intervalos de confianza respecto a DAP, reportaron 15 unidades muestrales.
2. La especie *Ceroxylon peruvianum* presenta un porcentaje de captura de carbono de 56.74 %, mayor al usado por Valenzuela (2001), que es del 50 % para diferentes especies forestales y al 50.31 % almacenado por *Pinus patula* reportado por Díaz et al. (2007), donde refiere las concentraciones de carbono por separado en follaje un 52.21 %, en ramas un 49.47 % y 49.26 % en fuste, dando como promedio 50.31 %.
3. El 56.74 % de carbono secuestrado por el tejido vegetal de *Ceroxylon peruvianum*, indica altas posibilidades de ser ofertado como bono de carbono a países desarrollados, a través de proyectos dentro de los mecanismos de desarrollo limpio, como parte del tratado de Kioto; en la actualidad el precio de mercado es de 16,80 €/t de CO₂ según Seoane et al. (2011), a nivel internacional.
4. El 6.63 % de contenido de materia orgánica en los suelos con presencia de *Ceroxylon peruvianum*, supera el 4% de materia orgánica, considerándose como un suelo orgánico, vinculando la cantidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas y su uso en sistemas agroforestales (Torres 2011).
5. Existe correlación altamente significativa, $r = 0.829$, según el coeficiente de Spearman, entre la materia orgánica (6.63 %) y capacidad de intercambio Catiónico (20.13), donde la materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico asimilables por las plantas según Martínez et al. (2008).
6. Los ejemplares presentaron en promedio 98.07 Kg de carbono secuestrado en el tejido vegetal, equivalente a 359,54 Kg de CO₂, al usar el factor de conversión de 3.666 (Valenzuela 2001).
7. *Ceroxylon peruvianum* secuestra el 56.74 % de carbono, superior a *Maurritia flexuosa* L.f 48.04 % (Freitas et al. 2006), *Juniperus deppeana* Steud 50.65 %, *Abies vejarii* 47.35 %, *Cupressus arizonica* Greene 49.23 %, *Juniperus deppeana* Steud 50.65 %, *Picea mexicana* Martínez 46.98 %, *Pinus arizonica* Engelm 49.36 %, *Pinus hartwegii* Lindl 46.87 % (Jiménez et al. 2008).
8. La ecuación alométrica lineal simple presentó un $r^2 = 0.917$, la cuadrática simple y cúbica simple presentaron un r^2 de 0.926, menor a las ecuaciones alométricas múltiples, que tuvieron 0.951, 0.966 y 0.9659; lineal múltiple 1, potencial múltiple y lineal múltiple 2, respectivamente; que usan variables de fácil medición en la formulación de los modelos (Schlegel 2001).
9. La ecuación de regresión potencial múltiple, analizada con el software HidroEsta, que presentó el mayor $r^2 = 0.9660$, es Biomasa Seca = $0.0080 * DAP + 2.8449 * Altura\ de\ Fuste + 0.4620$, que determina mayor correlación con respecto a las variables DAP y altura de fuste.
10. 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, permitiendo evaluar las condiciones de los bosques en secuestro de carbono (Méndez et al. 2011) y su equivalente en CO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J; Ricse, A; Arévalo, L; Barbarán, J. y 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.
- Alegre, J; Arévalo, L; Ricse, A; Barbaran, J. y Palm, C. 2001. Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía Peruana. Symposium Internacional de Agroforestería. Manaus, Brasil.
- 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. Oregon State University. 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. 11 p.
- 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. 65 p.
- 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. 8 p.
- González, M. 2008. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *Ochoterenai* Mtz. y *Quercus* sp. en el norte del Estado de Chiapas, México. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 97 p.
- Hairiah, K; Sitompul, Van Noodwick, M; Palm, Ch. 2001. Methods for sampling carbón stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor, Indonesia. Consultado el 5 enero del 2011. Disponible en <http://www.icraf.cgiar.org/sea>.
- 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. Catálogo de 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. LewisPublishers, EUA.
- Martínez, E; Fuente, J; Accevedo, 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.

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.

Schlegel. 2001. Estimación de la Biomasa y Carbono en Bosques del Tipo Forestal Siempreverde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales.

Universidad de Chile. Valdivia, Chile.

Seoane, P; Allué, R; Postigo, M; Rábade, M; Cordon, M. 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría General Técnica. Boletín mensual. España.

Torre, B. 2001. Análisis de Suelos: Caracterización. Laboratorios de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Facultad de Agronomía- Departamento de suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

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.

Correspondencia:

Jorge Luis Maicelo Quintana
jmaicelo@indes-ces.edu.pe