

# “DETERMINACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA DE *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers., “chishka brava” EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO UTCUBAMBA, REGIÓN AMAZONAS, CON FINES DE REFORESTACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE MERCADO DE BONOS DE CARBONO”

Ochoa Zubiarte, Alicia M. / Facultad de Ciencias Agrarias / Universidad Nacional de Cajamarca/  
Cajamarca – Perú.

E-mail: ([alicia\\_1588@hotmail.com](mailto:alicia_1588@hotmail.com))

## RESUMEN:

La presente investigación comprende el estudio de la determinación de reservas de carbono almacenado en la biomasa aérea de la especie *Escallonia pendula* en la cuenca media del río Utcubamba, Región Amazonas, Provincia de Bongará, distrito San Pablo de Valera, anexo Cocachimba. El objetivo general fue determinar las reservas de carbono en la biomasa aérea de *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers. “chishka brava” en la Cuenca Media del Río Utcubamba; con fines de reforestación e implementación de mercado de bonos de carbono; evaluados en 15 ejemplares.

La determinación de carbono se realizó a través del método directo que consistió en el apeo de cada ejemplar, análisis en campo, extracción de muestras consistentes en rodajas de 3cm de cada sección del fuste cada dos metros, al igual de las ramas, hojas y su posterior secado, para la obtención de biomasa seca. Los resultados obtenidos a través del análisis en paquetes estadísticos, muestran que la ecuación seleccionada es la cuadrática simple: Biomasa seca =  $-196.295 - (0.114 \cdot \text{DAP}^2) + (19.036 \cdot \text{DAP})$ , presentando el mayor índice  $r^2 = 0.94$ , que permite estimar la cantidad de carbono almacenado en áreas de bosques secundarios, pequeños rodales y sistemas agroforestales.

En conclusión la *Escallonia pendula* almacena 30.89 tnC/ha según la densidad poblacional obtenida de 447 árboles/ha, indicando el alto grado de almacenamiento de carbono en esta especie, y al ser una especie predominante de la zona se está promoviendo su propagación para la reforestación de la cuenca media del río Utcubamba.

**Palabras claves:** reservas de carbono<sup>1</sup>, biomasa aérea<sup>2</sup>, ecuaciones alométricas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Maicelo y Alegre. 2011. <sup>2</sup>Rügnitz, M; Chacón, M; Porro, R. 2009

## ABSTRACT

This research includes the study of the determination of carbon stocks stored in aboveground biomass of species *Escallonia pendula* in the middle basin of Utcubamba River Region Amazon Bongará Province, District San Pablo de Valera, Annex Cocachimba. The overall objective was to determine the carbon stock in aboveground biomass of *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers "brava chishka" in Middle River Basin Utcubamba.; for reforestation and implementation of carbon market; for that 15 units were evaluated.

The carbon determination was performed using the direct method which consisted of felling each, field analysis, coring consistent sliced 3cm of each section of shaft every two meters, like the branches, leaves and their then drying, to obtain dry biomass. The results obtained through statistical analysis packages, show that the selected quadratic equation is simple: dry biomass =  $196\ 295 - (0.114 \cdot \text{DAP}^2) + (19,036 \cdot \text{DAP})$ , have the highest percentage  $r^2 = 0.94$ , to estimate the amount of carbon stored in areas of secondary forests, small stands and agroforestry systems.

In conclusion the *Escallonia pendula* stores 30.89 tnC / ha according to the obtained population density of 447 trees / ha, indicating the high level of carbon storage in this species, and to be a dominant species in the area is promoting its spread for reforestation average Utcubamba river basin.

**Keywords:** carbon stocks<sup>1</sup>, aboveground biomass<sup>2</sup>, allometric equations<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Maicelo y Alegre. 2011. <sup>2</sup>Rügnitz, M; Chacón, M; Porro, R. 2009

## 1. INTRODUCCIÓN

La especie *Escallonia pendula* (chishka brava), se encuentra distribuida en el ámbito de la cuenca media del río Utcubamba ya sea en pequeños rodales, en sistemas agroforestales y silvopastoriles, esta especie es de mucha importancia debido a su uso y demanda de los pobladores por su leña, madera, entre otros; lo cual permite que se encuentre sólo en reducidas áreas de los bosques secundarios.

Los bosques cubren aproximadamente el 29% de las tierras y contienen el 60% del carbono de la vegetación terrestre. En esta línea se ha sugerido que un aumento de la superficie forestal puede ayudar a mitigar el efecto calentamiento y el posible cambio climático, al menos en el corto plazo (Van Kooten *et al.* 1995; Adams *et al.* 1993; Adams *et al.* 1999).

Según Rüginitz *et al.* (2009) afirman que hay dos métodos para medir y estimar la biomasa de los árboles por encima de suelo: el directo y el método indirecto. El método directo (o destructivo) utilizados para la construcción ecuaciones alométricas y factores de expansión de biomasa y el método indirecto es utilizar ecuaciones o factores de expansión y vincularlas a algunas dimensiones básicas obtenidas en campo (fácil de medir) con características de interés. Por ejemplo, puede utilizar una ecuación que es posible calcular la biomasa total del árbol midiendo su diámetro; estas ecuaciones se generan mediante una técnica estadística llamada análisis de regresión

El objetivo trazado para el presente estudio es determinar las reservas de carbono en la biomasa aérea de *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers. "chishka brava" en la cuenca media del río Utcubamba, con fines de reforestación e implementación de mercado de bonos de carbono y, como objetivos específicos: estimar la densidad poblacional de *E. pendula*, determinar la biomasa aérea, generar una ecuación alométrica para la estimación de las reservas de carbono de la biomasa aérea.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

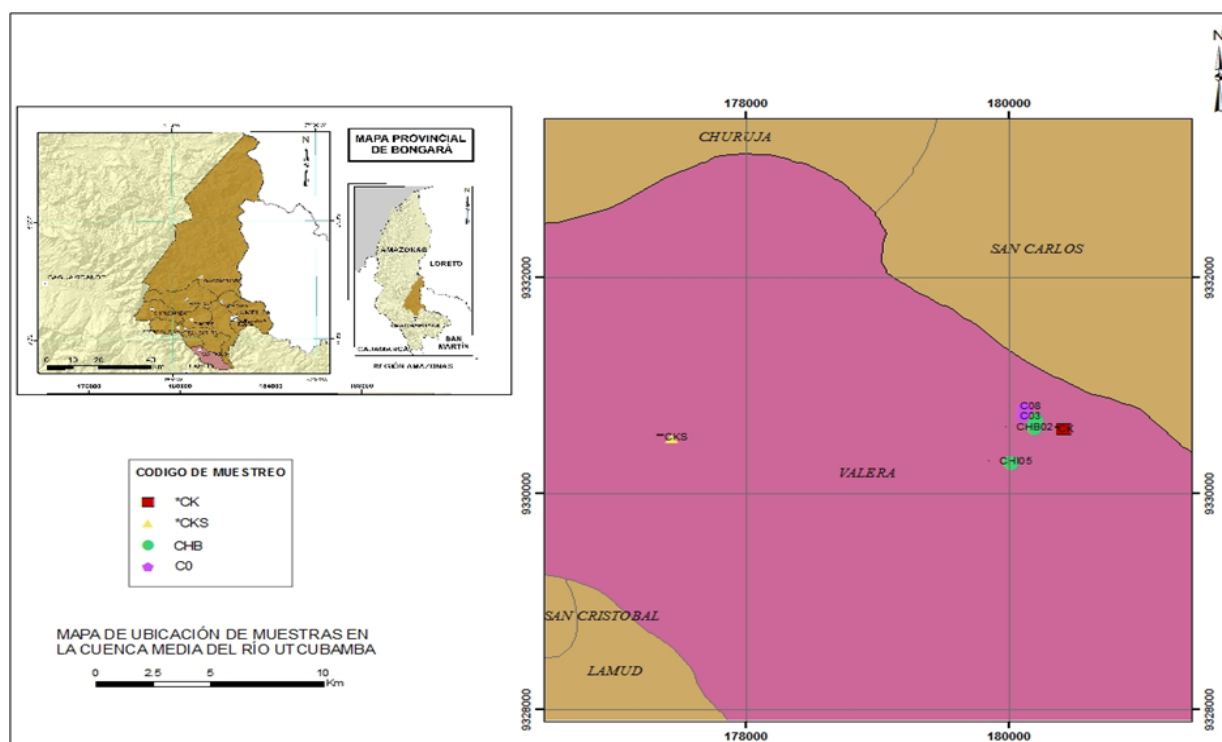
**Ubicación del área de estudio:** El área de estudio comprende el Anexo Cocachimba, Distrito San Pablo de Valera, Provincia Bongará, Región Amazonas, a una altitud de 1675 a 1936 msnm. Ecológicamente según el Mapa Ecológico del Perú de la ONERN (1976), esta área presenta zonas de vida como Bosque Seco premontano tropical (bs-PT) y Bosque seco montano bajo tropical (bs-MBT) transicional a Bosque Húmedo. El mapa de la zona de estudio se puede visualizar en la figura 1.

**Materiales:** Rodajas de 3 cm de grosor del fuste de árboles de *Escallonia pendula*, rodajas de 3cm de grosor de ramas, sección de 30cm de longitud de las ramas, hojas representativas, soga de 10 metros, cinta diamétrica, forcípulas, formato de aplicaciones, tablero de campo, libreta de campo, machetes, strobos, gasolina de 90 octanos, cojín de aceite de dos tiempos, lima para motosierra, esmalte anticorrosivo, etiquetas elaboradas, cinta maskingtape, bolsas de polietileno transparentes de 10 x 15 x 2cm, hilo pabilo, costales negros, wincha, rafia, estacas, materiales de escritorio (lápiz, lapiceros, borrador, marcadores negros, papel sábana, regla).

**Equipos:** forcípula, GPS, balanza electrónica portátil de capacidad de 150 kg y con una graduación de 0.05 Kg, motosierra, clinómetro casero, cámara digital, balanza analítica con capacidad de 2kg X 0.1g, balanza con una capacidad máxima de 150 Kg y mínima de 0.4 Kg, estufa.

**Software:** SPSS 15.0, Microsoft Excel 2007, HidroEsta, Statgraphics Plus.

Figura 1: Mapa de la zona de estudio



## METODOLOGÍA

### Determinación de la reserva de carbono en la biomasa aérea

La metodología usada fue del método directo (o destructiva) descrito por Rüginitz *et al.* (2009)

1. Selección y georeferenciación de los 3 árboles de porte alto, medio y bajo del distrito de San Pablo de Valera y su anexo Cocachimba, a través del muestreo por conveniencia debido a la disponibilidad de árboles (Acosta *et al.* 2002) y toma de datos como diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (ht) de los árboles.
3. Tala y corte de los árboles; pesado y registro del peso de fuste seccionado cada 2 metros, del total de ramas y hojas
5. Obtención de rodajas de 3 cm de grosor de la base de cada fuste, una rama representativa de 30 cm de longitud y una hoja representativa del total de cada árbol.
6. Secado y pesado de las muestras en la estufa, a una temperatura de 75°C, hasta obtener su peso seco constante.
7. Cálculo de biomasa seca de las muestras de cada componente:

$$BS = (PS_{\text{muestra}}/PH_{\text{muestra}}) * BH$$

Donde:

BS = Biomasa seca del componente (kg);

PH = Peso húmedo de la muestra (kg);

PS = Peso seco de la muestra (kg);

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:

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

Estimación de Carbono Total: el carbono total de la parte aérea se determinó multiplicando la biomasa seca por un factor de 0.5 (Valenzuela 2001, Brown 1997b).

$$CT_{\text{individuo}} = BS_{\text{total individuo}} * 0.50$$

Dónde:

CT = Carbono Total

BS = Biomasa Seca

### **Determinación de la densidad poblacional**

La metodología usada fue dada por Matteucci y Colma (1982), la zona de estudio fue tomada por muestreo de conveniencia en el anexo Cocachimba.

1. Elección de las áreas en donde se ubicaron los 3 transectos de 100 m, se eligió 100 m por la disponibilidad de los árboles en la zona de estudio y fueron ubicados con dirección hacia el norte, dentro del área de 0.2 ha.
2. Distribución sistemática de los puntos en transectos cada 10m con sus respectivos cuadrantes.
3. Medición de la distancia existente entre cada cuadrante de cada punto hacia el árbol más cercano.
4. Registro de las coordenadas de cada árbol y toma de datos como DAP y Altura total de cada árbol.
5. Cálculo del área  $a_i$  para cada punto, como el promedio de las distancias en cada cuadrante,  $a_i = (\pi/4) * \sum y_i^2$
6. Cálculo de la densidad en cada punto, como  $D_i = 3/a_i$ , (se considera que el cuarto individuo no se encuentra dentro del área, sino en el límite).
7. La densidad estimada para la transecta se estima como el promedio de la obtenida en los distintos puntos,  $D = \sum D_i/n$ .

### 3. RESULTADOS

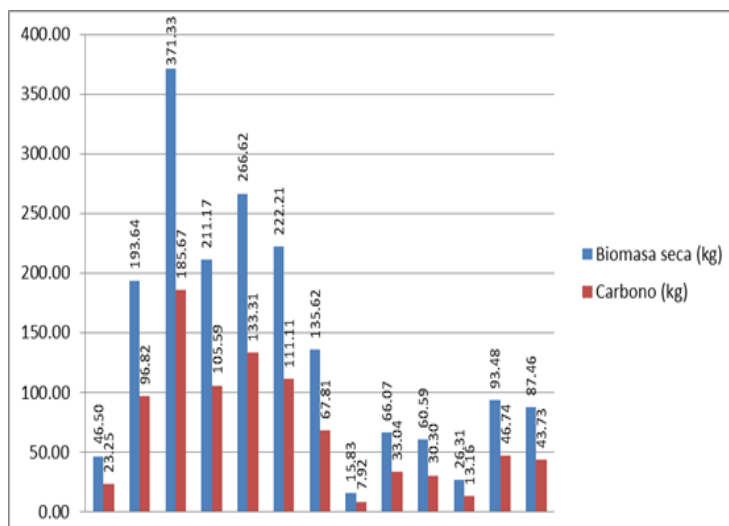
#### Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de *E. pendula*

Tabla 1. Estimación del carbono total de los 13 árboles de *E. pendula*

N° ARBOL	BIOMASA HUMEDA (Kg.)	BIOMASA SECA (Kg.)	CARBONO (Kg)	%C respecto a BH	%C respecto a BS	CO <sub>2</sub> (kg)
1	103.08	46.50	23.25	22.56	45.11	85.23
2	341.18	193.64	96.82	28.38	56.76	354.94
3	687.82	371.33	185.67	26.99	53.99	680.65
4	395.66	211.17	105.59	26.69	53.37	387.07
5	511.46	266.62	133.31	26.06	52.13	488.71
6	427.20	222.21	111.11	26.01	52.02	407.31
7	269.18	135.62	67.81	25.19	50.38	248.59
8	36.04	15.83	7.92	21.96	43.92	29.02
9	145.62	66.07	33.04	22.69	45.37	121.11
10	136.08	60.59	30.30	22.26	44.53	111.06
11	57.90	26.31	13.16	22.72	45.44	48.23
12	208.00	93.48	46.74	22.47	44.94	171.35
13	176.30	87.46	43.73	24.80	49.61	160.31
<b>Promedio</b>	<b>268.89</b>	<b>138.22</b>	<b>69.11</b>	<b>24.52</b>	<b>49.04</b>	<b>253.35</b>
<b>Dev Std</b>					<b>4.36</b>	

En la tabla N° 1, nos muestra con mayor claridad el promedio de carbono en kg que almacena la *E. pendula* en su biomasa aérea formado por sus distintos componentes como fuste, ramas y hojas, siendo el almacenamiento en promedio de 69.11 kg de carbono y de 253.35 kg de CO<sub>2</sub> en promedio, esto indica la eficiencia de almacenamiento de carbono que presenta esta especie, a través de la cantidad de biomasa aérea que posee para su posterior oferta de servicios ambientales dentro de ellos la captura de carbono, contribuyendo también de esta forma en la parte ambiental el disminuir los efectos del cambio climático.

Gráfico N° 1. Relación entre Biomasa seca (kg) y Carbono (kg)

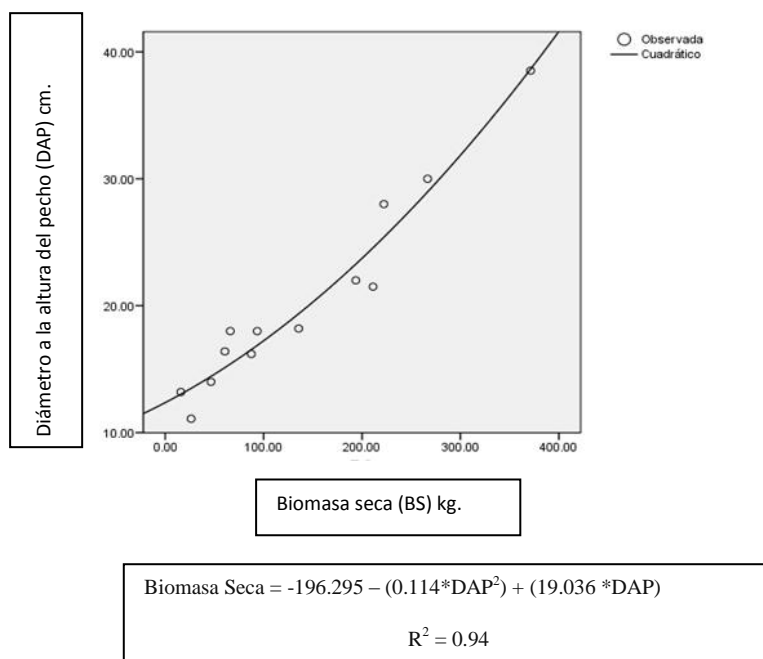


En el gráfico N° 1, nos muestra que el porcentaje de carbono total con respecto a la biomasa seca en promedio de los 13 ejemplares de la *E. pendula*, obtenido por el método directo o destructivo fue de 49,04% y en kilos de carbono 69.11, lo cual nos indica que el 50% de la biomasa seca de los árboles de *E. pendula* es carbono, debido a la cantidad de biomasa que se pudo obtener de esta especie.

### Generación de la ecuación alométrica para *E. pendula*

Para la generación de ecuaciones se midió las variables independientes DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura total (ht), en función a la variable dependiente biomasa seca (BS), realizado con el programa estadístico SPSS 15.0, nos mostró que la ecuación realizada con BS y DAP presentó un  $R^2$  de 0.94, mientras que la ecuación formada por ht y BS presentó un  $R^2$  de 0.52, esto nos permitió escoger que el modelo de regresión mejor ajustado lo presentó la ecuación formada por BS y DAP, debido a su coeficiente de correlación ( $R^2$ ) más alto y bastante aceptable de 0.94, siendo la ecuación del tipo Cuadrática simple : Biomasa Seca =  $-196.295 - (0.114 \cdot \text{DAP}^2) + (19.036 \cdot \text{DAP})$ , la que mejor se ajustó al modelo y la seleccionada para la proyección de biomasa en individuos de *E. pendula*, así como el secuestro de carbono y  $\text{CO}_2$  (Gráfico N° 2).

Gráfico N° 2. Regresión y generación de ecuación alométrica entre BS y DAP.

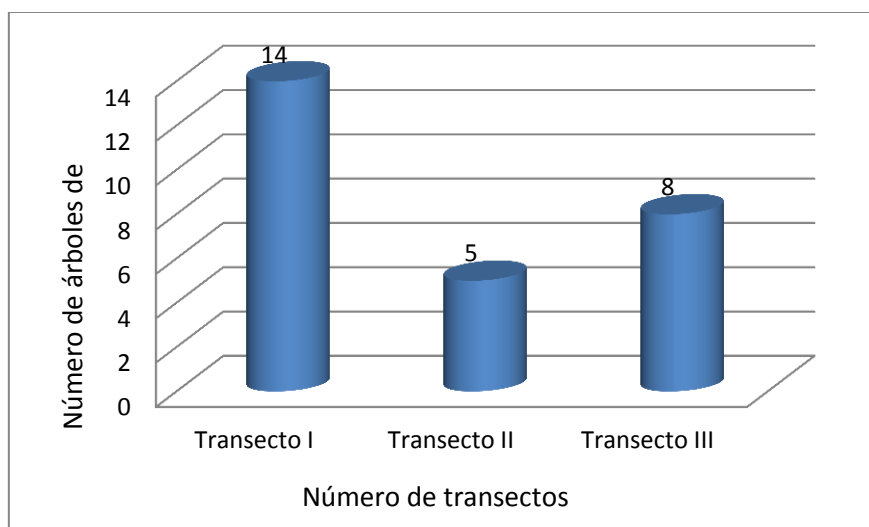


### Estimación de la densidad poblacional de *E. pendula*

La densidad poblacional se realizó en tres zonas elegidas por muestreo por conveniencia debido a la disponibilidad de los árboles, presentando pendientes aproximadamente de 30%. En este estudio se usó el método de cuartos y cuadrantes, a través de transectos generales de 100m, ubicados en 0.2 ha correspondientes a los bosques secundarios y chacras con caña de azúcar donde se encuentra dicha especie, considerándose los rebrotes de especies taladas y perjudicadas por el incendio.

La densidad poblacional promedio estimada en esta zona fue de 447 árboles/ha, lo cual nos muestra que si se hace una proyección con los resultados obtenidos de cantidad en promedio de reservas de carbono en la biomasa aérea de *E. pendula*, se tendría que una hectárea almacenaría 30.89 tnC/ha.

Gráfico N° 3: Número de individuos distribuidos por transectos



El gráfico N° 3, nos muestra que en el primer transecto se encontró un número de 14 individuos distribuidos que presentaban diferentes portes alto, medio y bajo y dentro de ellos también se encontraron rebrotes, en el segundo transecto se encontraron 5 individuos y en el tercer transecto se encontraron 8 individuos, estimando a través de estos transectos y con los cálculos necesarios que el promedio de densidad poblacional en la zona de Cocachimba fue de 447 árboles/ha.

#### 4. DISCUSIÓN

La cantidad de carbono almacenado en la *E. pendula* que fue de 49.04% y en kilos de carbono 69.11, nos indica que el 50% de la biomasa seca de los árboles es carbono, debido a la cantidad de biomasa que se pudo obtener de esta especie, este resultado se origina del producto de la biomasa seca por el factor 0.5, usado por varios autores como Valenzuela (2001), IPCC (1994), MacDicken (1997), Husch (2001).

En la misma zona de estudio, se han hecho trabajos con otras especies como *Ceroxylon peruvianum* "pona" y *Myrsine oligophylla* "morocho", (Maicelo y Alegre 2011), y se usó el método destructivo, cuyos resultados del contenido de carbono total en la biomasa aérea fue de 56.74% y 49.63%, respectivamente, lo que nos indica, en comparación con este estudio, que la especie *E. pendula* presentó menor porcentaje de reservas de carbono total con un 49.04%; esto es debido probablemente a muchos factores, dentro de ellos podemos citar a la calidad de sitio y edad de las plantaciones (Cubero y Rojas 1999), esto también es afirmado por Gayoso *et al.* 2002, quien menciona que la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, la edad, el sitio y el tratamiento silvicultural. Según algunos autores mencionan que la mayor cantidad de biomasa es almacenada en el fuste de los árboles, tales como Suarez *et al.* 2004, quien en sus estudios menciona que la biomasa del fuste constituye el 52% de la biomasa total; esto también manifiesta Gómez 1976, Madgwick 1977, Overend 1978, Parde 1980, Schonenberger 1984, Pedrasa 1989, Saez 1991, Gayoso *et al.* 2002, citados por Álvarez 2008, quien menciona que en términos porcentuales, el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, debido al incremento del DAP, representando entre 55 y 77% del total: luego están las ramas con 5 a 37%; y por último las hojas y la corteza del fuste entre 1 y 15% y 4 a 16% respectivamente.

Los resultados obtenidos en la generación de la ecuación alométrica, Machado *et al.* 2002, afirma que cuanto más próximo a 1 es el valor de coeficiente de correlación ( $R^2$ ), mejor se realiza el ajuste de la ecuación alométrica, el resultado obtenido se basa en ello; sin embargo autores como Jokela *et al.* (1986), Garcidueñas *et al.* (1988) y Ziannis y Mencuccini (2003); citados por Álvarez (2008), reportaron que al incluir la variable altura total (ht), esta variable reduce el error estándar, aunque en el campo la toma de datos de esta variable es muy difícil.

El resultado de este estudio tiene sustento en estudios realizados por (Overman *et al.* 1994, Regina 2000, Alegre *et al.* 2000, Álvarez 2008), en donde se ha concluido que la variable independiente que mejor explica la biomasa de un árbol es el DAP.

Muchos autores consideran al DAP como mejor variable con respecto a la BS por ser de fácil medición y además lo utilizan multiplicado por otras variables o expresando bajo algún tipo de transformación. En general al graficar una cantidad de datos representativos de diámetro a la altura del pecho y biomasa de árboles se presenta una tendencia no lineal y la nube de puntos muestra un problema de heterocedasticidad reflejada en el incremento de la varianza con el aumento del diámetro (Overman *et al.* 1994).

En los estudios realizados de determinación de reservas de carbono en *Guazuma crinita* (Lino 2009) y *Theobroma cacao* (Larrea 2007), nos indican dentro de sus resultados que la ecuación alométrica mejor ajustada que presentó un  $R^2$  más alto fue la ecuación generada entre el DAP y la BS, cuyos resultados son similares al resultado obtenido en este estudio, en donde también se señala que las ecuaciones alométricas generadas entre BS, DAP y ht.

Los resultados obtenidos en la determinación de la densidad poblacional Reynel *et al.* (2006); menciona que pese a su rango de distribución amplio, las poblaciones de especies de este género parecen estar afectadas en nuestro territorio, posiblemente por su madera, que ha motivado tala muy intensa. La especie tratada se halla en situación de peligro aparente en el país, el resultado se pudo obtener debido a que se aplicaron diversas metodologías para poder determinarlo debido a la escasez de esta especie en la zona es por ello la aplicación de una metodología por conveniencia; sin embargo se pretende reforestar con esta especie porque se adapta muy bien a las condiciones edafoclimáticas de la zona y por ser esta una latifoliada que almacena gran cantidad de carbono en su biomasa aérea.

## 5. CONCLUSIONES

La biomasa aérea seca total de la *Escallonia pendula* fue de 138.22 kg/árbol y su carbono almacenado de 69.11 kg, siendo el 49.04% la captura de carbono en promedio respecto a la biomasa aérea de los componentes como fuste, ramas y hojas.

La densidad poblacional estimada fue de 447 árboles/ha, y la cantidad de toneladas de carbono en promedio que almacenó la *Escallonia pendula* en su biomasa aérea fue de 0.06911 toneladas de carbono y proyectado en hectáreas, la cantidad almacenada alcanzaría a 30.89 tnC/ha.

La ecuación alométrica para estimar la biomasa en *E. pendula* fue del tipo cuadrática simple: Biomasa =  $-196.295 - (0.114 \cdot \text{DAP}^2) + (19.036 \cdot \text{DAP})$ , se ajusta mejor respecto al DAP y BS; dicha ecuación presentó un mayor  $R^2 = 0.94$ , mientras que la ecuación formada por ht y BS presentó un  $R^2$  de 0.52. Esto nos permitió indicar que el modelo de regresión mejor ajustado lo presentó la ecuación formada por biomasa seca y DAP.

La densidad básica de la madera determinada fue de 0.6492 g/cm<sup>3</sup>, y de esto se estimó que la biomasa del fuste fue de 132.55 kg, lo cual representó el 49.30% de la biomasa total y por ende la mayor concentración de almacenamiento de carbono.

## 6. AGADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigación de Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por haberme facilitado el desarrollo de esta investigación, la cual forma parte del proyecto SNIP N° 70066 "Desarrollo de Tecnologías para la Reforestación y Forestación de la Zona de Amortiguamiento en la Cuenca Media del Río Utcubamba, Distritos de Valera, San Carlos, Churuja, Jazán y Shipasbamba, Provincia de Bongará - Región Amazonas" - PRODEFOR.



A mi asesor Ing. Luis Dávila Estela, quien me apoyó con conocimientos sólidos para el mejor desarrollo de la investigación y por la ardua corrección de este trabajo.

A los técnicos de campo del distrito de San Pablo de Valera y su anexo Cocachimba y a todo el personal de apoyo de ambas localidades en el desarrollo de la fase de campo de esta investigación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, M; Vargas, J; Velásquez, A; y Etchevers, J. 2002. Estimación de Biomasa aérea con relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oxaca, México.

Adams, R; Adams, M; Callaway, M; Chang, C; y McCarl, A. 1993. Sequestering Carbon on Agricultural Land: Social Cost and Impacts on Timber Markets. *Contemporary Policy Issues*. 11: 7687.

Adams, M; Alig, J; McCarl, A; Callaway, M; y Winnett, M. 1999. Minimum cost strategies for sequestering carbon in forests. *LandEconomics*. 75(3): 360-374.

Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 89 p.

Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 89 p.

Brown, S. 1997b. Bosques y cambio climático y la función de los bosques como sumideros de carbono. Antalya, Turquía. s.e. p 2.

Cubero, J; Rojas, S; 1999. Fijación de carbón en plantaciones de *Gmelina* arbórea, *Tectonagrandis* y *Bombacopsisquinata* en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Cs. Forestales Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 93 p.

Gayoso, J; Guerra, J; Alarcón, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 157 p.

Husch, B. 2001. Estimación del contenido de carbono de los bosques. Simposio internacional, medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Octubre, 2001. Valdivia, Chile. 9 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge. 205 p.

Larrea, G. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la Biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & Determinación de la ecuación alométrica para el cacao. Tesis para optar el título de ingeniera ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. 146pag.

Lino, K. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú . Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú. 42p.

MacDicken, KG. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development.

Machado, SA; Conceição, MB; Figueiredo, DJ. 2002. Modelagem do volume individual para diferentes dades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Vol. 4, nº 2, ul/dez.: 185-197.

Maicelo, J; y Alegre, J. 2011. Análisis del sistema de información y conocimiento respecto a los ecosistemas de las palmeras *Ceroxylonperuvianum* Galeano, Sanín & Mejía en la cuenca media del río Utcubamba. Rev. Aporte Santiaguino; 4(1):75-86.

Matteucci, S; Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Volumen 22. 168 pág.

Overman, J; Witte, H; Saldarriaga, J. 1994. Evaluation of regression models for boveround biomass determination in Amazon rainforest. Journal of Tropical Ecology. 10: 218 – 297.

Reynel, C; Pernnington, TD; Pernnington, RT; Flores, C; Daza, A. 2006. Árboles Útiles del Ande Peruano: Una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques Montanos en el Perú. Lima – Perú.

Rügnitz, M; Chacón, M; Porro, R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Granjas. 1ed. – Lima, Perú: Agroforestal Mundial (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA).79 p.

Sedjo, R; y Salomón, A. 1989. Greenhouse Warming: Abatement and Adaptation. RFF Proceedings, eds. P. Crosson, J. Darmstadter, W. Easterling, y N. Rosenberg. Pag: 110-119.

Suárez, D; Segura, M; Kanninen, M. 2004. Estimación de la biomasa aérea total en árboles de sombra y plantas de café en sistemas agroforestales en Matagalpa, Nicaragua, usando modelos alométricos. Agroforestería en las Américas. 41 – 42: 112 – 119.

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.

Van Kooten, G; Binkley, C; Clark, S; Delcourt, G. 1995. Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services». American Journal of Agricultural Economics. 77 (5): 365-374.