

Valoración económica del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en la cobertura forestal - Parque Nacional del Huascarán

Economic valuation of the carbon fixing and storage service in the forest coverage - Huascarán National Park

Recibido: marzo 17 de 2018 | Revisado: abril 15 de 2018 | Aceptado: junio 15 de 2018

RONALDS MENESES CUELLAR^{1,2}
NOE SABINO ZAMORA TALAVERANO^{1,3}

RESUMEN

El objetivo general fue conocer el valor económico del servicio de fijación y almacenamiento de carbono de la cobertura forestal del Parque Nacional Huascarán y los objetivos secundarios; conocer los factores que influyen en la disponibilidad a pagar por el servicio y determinar el contenido de carbono que almacena el bosque. La metodología utilizada es la técnica de valoración contingente. Para determinar la cantidad de reservas de carbono que fijan y almacenan los árboles del género *Polylepis*, se aplicaron metodologías indirectas (no destructivas); en base a relaciones existentes (regresiones) entre datos dasométricos de fácil medición. Los resultados muestran que en el Parque Nacional Huascarán (PNH), existen 4482.4 ha de bosques relictos altoandinos (1.31% del ANP), estimando un volumen de 35.275 m³/ha. Mientras que el contenido total de carbono fijado es 8.9 tn/ha. El modelo de regresión lineal múltiple: $\text{Ln Carbono Total} = -7.25 + 0.96 \ln(\text{altura}) + 1.08 \ln(\text{DAP})$, tiene una correlación de 82% y esta explica la relación contenido de carbono en el bosque de *Polylepis*; por último, con los datos obtenidos en la encuesta aplicada a 71 personas, la disposición a pagar por el servicio de fijación y almacenamiento de carbono (DAP) es de 60 soles anuales/tn de bosque de *Polylepis* conservado, probabilidad de 44.81% para personas con una edad promedio de 33 años, con un ingreso entre 0-800 soles, de procedencia distinta a la región de Ancash y de género masculino. Se concluye que la tasa de fijación de carbono (0.757 tn/ha/año), podrían generar ingresos de \$7.57/ha/año.

Palabras clave: Bosque de *Polylepis*, determinación de carbono, valoración económica, Parque Nacional Huascarán

ABSTRACT

The general objective was to know the economic value of the service of carbon fixation and storage of the forest cover of the Huascarán National Park and the secondary objectives, to know the factors that influence the availability to pay for the service and determine the carbon content stored by the forest. The methodology used was the contingent valuation technique. To determine the quantity of carbon reserves that fix and store the trees of the *Polylepis* genus, indirect (non-destructive) methodologies were applied; based on existing relationships (regressions) between easily measured dasometric data. The results show that in the Huascarán National Park (PNH), there are 4482.4 ha of high Andean relict forests (1.31% of the ANP) that estimate a volume of 35,275 m³ / ha. While the total fixed carbon content is 8.9 tn / ha. The multiple linear regression model: $\text{Total Carbon Ln} = -7.25 + 0.96 \ln(\text{height}) + 1.08 \ln(\text{DAP})$, has a correlation of 82% and this explains the carbon content relationship in the *Polylepis* forest. Finally, with the data obtained in the survey applied to 71 people, the willingness to pay for the carbon fixation and storage service (DAP) is 60 soles per year / tn of preserved *Polylepis* forest, probability of 44.81% for people with an average age of 33 years, with an income between 0-800 soles, of origin different from the Ancash region and male. It is concluded that the carbon fixation rate (0.757 tn / ha / year), could generate income of \$ 7.57 / ha / year.

Key words: *Polylepis* forest, carbon determination, economic valuation, Huascarán National Park

1 Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo.
Universidad Nacional Federico Villarreal
2 Correo: ronald.246@gmail.com
3 Correo: nzamora@unfv.edu.pe

DOI: <http://dx.doi.org/10.24039/cv201861255>

Introducción

Los bosques son esenciales para la estabilidad global del medio ambiente, la regulación del clima y contribuyen a los medios de vida y el desarrollo sostenible de las comunidades locales y nativas del país. El Perú es el segundo país con mayor extensión de bosques en América Latina y cuarto a nivel mundial. Sus bosques primarios cubren el 52.3 % del territorio nacional y albergan una gran biodiversidad. (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2014). Con respecto a los bosques alto andinos los datos son muy distintos. Se cree que solo el Perú, en la actualidad, contiene menos del 3% de la extensión histórica de bosques de *Polylepis* (Fjeldsa & Kressler, 1996) (como se citó en “Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes”, 2012).

Las acciones humanas son la causa de numerosos cambios en los sistemas naturales, como es el caso del cambio climático global, que consiste en el incremento de la temperatura por el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, principalmente el dióxido de carbono (CO₂).

Los servicios ambientales son aquellos beneficios que proveen los ecosistemas a las personas, para que estas a su vez hagan uso de ellos con el fin de mejorar su calidad de vida. Los ecosistemas ofrecen una amplia gama de bienes y servicios. Un servicio ambiental de gran relevancia a nivel global es el que brindan los bosques que a través del proceso de fotosíntesis capturan el dióxido de carbono atmosférico (CO₂), lo fijan en sus estructuras vivas y parte de este lo acumulan en su biomasa, como reservas de carbono.

De esta forma, la concentración excesiva de CO₂ se reduce y, por lo tanto, disminuye el efecto invernadero. Sin embargo, uno de los principales problemas de los bienes y servicios ambientales ha sido la carencia de un mercado definido y seguro, un mecanismo de comercialización y operación del mismo, así como

determinar su monto a pagar o disposición a aceptar una compensación por conservar este ecosistema. (Pérez, 2008).

Por tal motivo, esta investigación consiste en determinar el valor económico del servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono aplicando métodos de valoración económica con la finalidad de formular estrategias que garanticen la conservación del ecosistema.

Materiales y Métodos

A. Materiales

- **Equipos**
 - Material bibliográfico Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales Manual técnico 11. ICRAF
 - Laptop Toshiba, Procesador Corre I5, HD de 1TB, Memoria RAM 6GB
 - Software: ArcGIS, Microsoft office, STATA, InfoStat, Matlab
 - Equipo de impresión Epson TX 115
 - Cartas nacionales: hojas: 18h, 19h, 19i
- **Instrumentos**
 - Hipsómetro Marca Suunto mod. PM5-1520
 - Cinta métrica Power winder 60m/200' Fibra de vidrio Stanley
 - Barreno Haglof longitud de 150 mm, diámetro interno de 5.15 mm, de 3 filos.
 - GPS navegador garmin
 - Bolsas de polipropileno de 17.5 x 20 cm
 - Brújula

Método

Determinación del contenido de carbono en los bosques relictos del género *Polylepis*

Se procedió a la utilización del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) para identificar los bosques relictos altoandinos comprendidos dentro del área de estudio.

Una vez determinadas las áreas de bosques relictos, se estratificaron estas con el objetivo de obtener unidades de vegetación de menor complejidad y así facilitar el levantamiento de información y lograr una mejor precisión de muestreo. Los factores esenciales considerados para la estratificación del área fueron: el tipo de zona de vida, tipo de suelo, la geomorfología, la fisiografía, y la altitud. Se definió, en un principio, un total de 18 estratos de trabajo de campo de los bosques de quenual. Dentro de estos estratos, se definió una variable o factor esencial adicional que es la accesibilidad lo cual la redujo a tres estratos.

Etapa de campo

En esta etapa, se determinó el tamaño de la muestra en base a muestreo piloto y se recopilaban datos dasométricos como el diámetro a la altura del pecho (dap), el diámetro inferior y superior del fuste (solo para árboles de DAP > 5 cm y ramas que tuviesen una circunferencia mayor o igual a 4cm) y la altura, las cuales fueron necesarias para el cálculo del volumen.

Ecuación 1: Tamaño de la muestra

$$N = (CV\%)^2 \times \frac{t^2}{E\%^2}$$

Donde:

N = Número de unidades muestrales

CV% = Coeficiente de variabilidad relacionado al volumen maderable del bosque

E%= Error de muestreo igual a 15%

t = Nivel de confianza con n-1 grados de libertad a 0.05

Para el cálculo de la biomasa y fracción de carbono se recogieron muestras de las especies del género de *Polylepis*, según la Norma INDECOPI/NTP/251.008:1980. Las siguientes son las ecuaciones utilizadas en la determinación del volumen, biomasa, contenido de carbono y tasa de fijación del carbono.

Ecuación 2: Cálculo del volumen de cada árbol

$$V=B \times H \times F$$

Donde:

V= Volumen

B= Área basal cada 50 cm del tronco y ramas

H= altura total

F= Coeficiente mórfico

Ecuación 3: Cálculo de la biomasa

$$BT=VT \times GE$$

Donde:

BT= biomasa total (t/ha)

VT= volumen total (m³/ha)

GE= densidad de las ramas promedio (Tn/m³)

Ecuación 4: Cálculo del carbono almacenado total

$$CA=BT \times FC$$

Donde:

CA = Carbono almacenado total (Tn/ Ha)

BT= biomasa total o por hectárea

FC= fracción de carbono promedio

Ecuación 5: Cálculo de la tasa de fijación de carbono

$$TFC=IMA \times GE \times FC$$

Donde:

TFC = Tasa de fijación de carbono (Tn/ Ha/año)

IMA= incremento medio anual

GE= densidad específica (Tn/m³)

FC= fracción de carbono

Aplicación del método de valoración contingente

Esta técnica de valoración se basa en la aplicación de encuestas donde el entrevistador estima el valor económico que otorgan las personas a los servicios ambientales usando para ello mercados hipotéticos, en este caso el servicio de fijación y almacenamiento de carbono.

El modelo para el análisis de los datos obtenidos en la encuesta es el Logit, el cual es capaz de estimar la respuesta del encuestado a la pregunta del DAP, es decir el modelo puede predecir si la respuesta será "SÍ" o "NO" en base a las características socioeconómicas establecidas en la encuesta.

Resultados

Cobertura forestal del Bosque Relicto Altoandino del Parque Nacional de Huascarán (PNH)

De acuerdo con la memoria descriptiva del mapa de cobertura forestal del 2015 (MINAM, 2015) elaborado por la Dirección de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente, determina que los bosques relictos altoandinos representan solo el 0,06% del territorio nacional. En el Parque Nacional Huascarán, estos bosques representan solo el 1.31% del total de área (44.86 km²).

Tamaño de la muestra

En el siguiente cuadro representa el muestreo piloto del Bosque de *Polylepis* en el PNH.

Tabla 1

Muestreo piloto - Bosques de *Polylepis*

Parcela	Número de arboles
1	18
2	10
3	13
4	13
5	14
6	14
7	15
8	11
Total	108

Tabla 2

Valores promedio de las observaciones realizadas en las unidades muestrales de los bosques de *Polylepis*

Número de UM	Número de arb./0.01 ha	Número de troncos/0.01 ha	Diámetro promedio (cm)	Altura Promedio	Área basal promedio m ² /0.01 ha	Volumen (m ³ /0.01 ha)
PM1	18	26	18.124	3.068	0.028	0.170
PM2	10	23	15.251	4.696	0.020	0.221
PM3	13	17	19.849	5.729	0.036	0.386
PM4	13	24	18.292	5.908	0.029	0.319
PM5	14	17	25.454	6.271	0.057	0.450
PM6	14	26	32.405	4.382	0.099	0.529
PM7	15	21	26.614	3.289	0.067	0.323
PM8	12	12	17.032	5.895	0.029	0.425
Promedio	13.6250	20.75	21.628	4.905	0.046	0.353

Biomasa total y contenido de carbono del Bosque de *Polylepis*

De la Tabla 1 se obtiene:

- ✓ Promedio (\bar{x})= 13.5
- ✓ Desviación estándar (S)= 2.449
- ✓ Nivel de confianza (t)= 2.365
- ✓ Coeficiente de variabilidad (%) = 18.144

Reemplazando valores en la ecuación se obtiene:

$$N = (18.144)^2 \times \frac{2.365^2}{15^2} = 8.18 \text{ unidades muestrales}$$

Volumen del leño del bosque de *Polylepis*

En la Tabla 2 observamos los resultados de los volúmenes reales alcanzados de las ocho unidades muestreadas de los bosques de *Polylepis*, obtenidos por el método del área mínima llevadas a la unidad de superficie, se alcanza un promedio de 0.353 m³/0.01ha. Todas las unidades muestran diversos valores que cambian en función de las condiciones ecológicas y sobre todo de la acción antrópica en toda el área de estudio. Estos resultados se obtuvieron aplicando un coeficiente mórfico de 0.784 – 0.852 para cada árbol seleccionado.

En la Tabla 3 y la Figura 1 se muestran las cantidades de biomasa aérea por parcela para los bosques de Polylepis en el PNH. Se observa que la biomasa aérea total de los bosques estudiados es de 1.608 t/0.08 ha (considerando una densidad promedio de 0.569 tn/m³), siendo la PM6 la que contiene la mayor cantidad de biomasa con un valor de 0.301 t/ 0.01 ha y

la PM1 la menor con 0.097 t/0.01 ha. Mientras que la cantidad de carbono total almacenado en la parte aérea de Polylepis es de 0.712 tC/0.08 ha (considerando una fracción de carbono de 0.443), siendo la misma PM6 la que contiene la mayor cantidad de Carbono con 0.133 tC/0.01 ha y la PM1, con la menor cantidad de carbono almacenado (0.043 tC/0.01).

Tabla 3

Biomasa y carbono almacenado por parcela en el PNH

Número de UM	Número de arb./0.01 ha	Diámetro promedio (cm)	Altura Promedio	Volumen total(m ³ /0.01 ha)	Biomasa Total (t/0.01 ha)	Carbono total (0.01 ha)
PM1	18	18.124	3.068	0.170	0.097	0.043
PM2	10	15.251	4.696	0.221	0.126	0.056
PM3	13	19.849	5.729	0.386	0.220	0.097
PM4	13	18.292	5.908	0.319	0.182	0.081
PM5	14	25.454	6.271	0.450	0.256	0.113
PM6	14	32.405	4.382	0.529	0.301	0.133
PM7	15	26.614	3.289	0.323	0.184	0.082
PM8	12	17.032	5.895	0.425	0.242	0.107
Total	----	-----	----	2.822	1.608	0.712

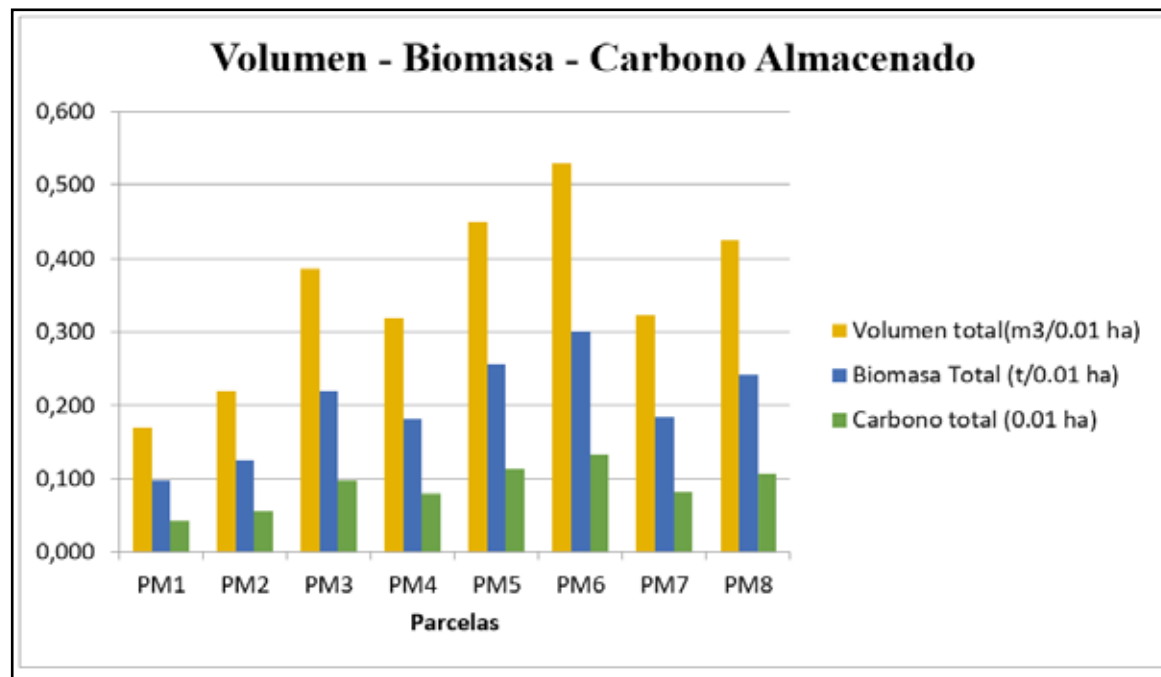


Figura 1. Volumen - Biomasa y Carbono Almacenado en las Parcelas del PNH

Tasa de fijación de carbono

El flujo de carbono fijado anualmente o la tasa de fijación anual de carbono (TFC) se calcula mediante la información de incremento del volumen total (IMA) y utilizando los promedios de los datos de la gravedad específica y de la fracción de carbono. Con respecto al IMA, no existen datos sistemáticos que den cuenta del incremento medio anual de la especie *Polylepis sp.*; sin embargo, para tener una primera aproximación sobre la tasa de fijación de carbono, se ha utilizado el dato proporcionado por Yallico (1992) del incremento promedio anual del volumen de Quenual estimado en 3 m3/ha/año.

Remplazando los datos en la siguiente ecuación se tiene:

$$TFC = 3. \frac{m3}{ha} \times \frac{0.5697tn}{m3} \times 0.443 = 0.757 \frac{tn}{ha}$$

Análisis estadístico

Establecimiento de ecuación alométrica

Con el fin de establecer una correlación entre las variables obtenidas en la etapa de cam-

po, se procedió a realizar en análisis estadístico para construir la ecuación alométrica que pueda explicar el contenido de carbono para los bosques de *Polylepis* en el Parque Nacional Huascarán. Para ello se usaron los softwares InfoStat y Excel 2013.

Se determinó una regresión lineal múltiple entre las variables Ln Diámetro, Ln Altura y Ln Carbono. Siendo la primera y la segunda variables independientes y la tercera dependiente, se obtiene una correlación de 82%, lo que indica que la variable dependiente, en este caso, el carbono puede ser explicado en el mayor de los casos por las variables independientes de diámetro y altura por la siguiente ecuación:

$$Ln \text{ Carbono Total} = -7.25 + 0.96ln(\text{altura}) + 1.08 Ln(\text{DAP})$$

Disposición a pagar por el servicio ambiental (DAP)

En base a la aplicación de una encuesta realizada y aplicando el modelo Logit, el mejor modelo que se ajusta se presenta en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4
Disposición a pagar por el servicio ambiental
Log likelihood = -6.8589966

Number of obs = 71
LR chi2 (5) = 11.14
Prob > chi2 = 0.0487
Pseudo R2 = 0.4481

dap	Coef.	std. Err.	=	P> 1 = 1	(85% Conf.	Interval
Ingreso	-1.968596	.9130952	-2.16	0.031	-3.283025	-.6541667
edad	.7628575	.4305758	1.77	0.076	.1430301	1.382685
Genero	-2.903723	1.873578	-1.55	0.121	-5.600797	-2.2066489
Grado instrucción	.6762495	.4882439	-1.39	0.166	1.379092	.026593
Ruta	2.516332	2.271011	1.11	0.268	-.7528599	5.785525
_cons	2.246551	6.298922	0.5	0.721	-6.620945	11.31405

Las observaciones realizadas son 71. nuestro t Ir chi^2 nos dice que los coeficientes son conjuntamente significativos; para explicar la dap . nuestro r^2 resulta 0.4481 que quiere decir que aproximadamente el 44.81 % de la variación de la variable dependiente, se explica por la variación de las variables independientes.

Discusión

Estudios relacionados con determinación de carbono en coberturas forestales dan énfasis al género *Polylepis* realizado por Urquiaga (2012) en el Bosque de Manantay (Cuzco), donde obtiene resultados en cuanto a volumen, biomasa y carbono total de 5207.59 m³, 3507.31 t/ 36 ha, y 1812.11 tC/36 ha, respectivamente. Es decir, que cada hectárea de bosque de *Polylepis* almacena 50.33 tC/ha. Estos resultados son mucho mayores a los obtenidos en el presente estudio debido, principalmente, a factores tanto físicos como biológicos de las especies arbóreas.

Otro estudio de similar metodología al presente es el realizado por Mansilla (2002) sobre la captura de carbono en *Polylepis* sp en el valle de Urubamba, Cuzco en el que hace un cálculo de la biomasa arbórea de manera indirecta, la cual es 3.55 tC/ha, valor menor al determinado en el presente estudio (8.9 tC/ha) debido, principalmente, a que la dispersión de árboles por cada 0.01 ha es mucho menor.

Por último, un estudio ejecutado en la quebrada Llaca ubicada en el ámbito del PNH, Espinoza y Quispe (2013) estima un total de 49460 tC en biomasa arbórea en un área de 140.350 ha (área de la cobertura de bosques de *Polylepis*), por lo que se deduce que cada hectárea de bosque almacena 35.246 tC, mientras que la investigación realizada determina que cada hectárea de bosque relicto recopila en promedio 8.9 tC/ha. Cabe señalar que la metodología (método destructivo para la determinación de una ecuación alométrica que relacione la biomasa con un parámetro de fácil medición, en este caso el DAP) es distinta a la

aplicada en el presente estudio (por ejemplo, en el trabajo citado realizan mediciones a árboles de diámetros menores a 10 cm. Estos no fueron considerados en el trabajo realizado en campo, por lo que las reservas de almacenamiento de carbono tienden a aumentar)

Con respecto al modelo Logit aplicado indica que la variable edad presenta una relación positiva con la variable dependiente. Esto puede explicarse porque a mayor edad, las personas presentan un mayor entendimiento de los servicios ambientales del bosque, en especial el de fijación y almacenamiento de carbono.

En cuanto a las variables instrumentales e ingresos, el modelo indica que la primera parece indicar que a mayor nivel educativo e ingresos generados por los visitantes, menor es la probabilidad de aceptar el precio planteado, situación contraria a la que se esperaba, ya que se supone que los individuos de mayor educación y mayores ingresos, tienen una mayor conciencia ambiental y por tanto, valoran más este tipo de bienes, similares resultados (relación inversa) se obtuvieron en el estudio de valoración económica de los servicios ambientales del bosque de Yocoto (Escobar y Erazo, 2006) y el valor del uso recreativo de espacios naturales protegidos: Aplicación del método de valoración contingente al Parque Natural de L'Albufera (Del Saz & Suarez, 1998). Cabe resaltar que relación inversa encontrada es mínima: 0.01651% y 0.00567%, respectivamente.

Conclusiones

La disposición a pagar por el servicio de fijación y almacenamiento de carbono es de 60 soles anuales/tn de bosque de *Polylepis* conservado, con una desviación estándar de 45 soles, el cual indica cuanto pueden alejarse los valores de la media (promedio), variando principalmente por las características socioeconómicas de la población en estudio. Asimismo, la probabilidad de que las personas paguen por el servicio ambiental en estudio es de 99% en promedio, en nuestra muestra.

Los bosques relictos de *Polylepis*, ubicados en el PNH presentan una biomasa de 90093.44 toneladas (20.1 tn/ha), considerando las 4482.4 ha (1.31% del ANP), este resultado podría incrementarse si se incluye árboles con diámetros menores a 10 cm. Asimismo, el volumen total estimado fue de 158141 m³ para toda el área de bosques. (35.275 m³/ha). Mientras que el contenido total de carbono fijado es 8.9 tn/ha, es decir 39911 tn de carbono considerando todo el bosque de *Polylepis*. Si consideramos un precio estándar de \$10 dólares por tonelada de carbono (Bautista-Hernández y Torres-Pérez, 2003) y la tasa de fijación de carbono calculada en el estudio (0.757 tn/ha/año), anualmente se podrían generar ingresos de \$7.57/ha/año.

El modelo de regresión lineal múltiple efectuado que mejor explica la variable dependiente (contenido de carbono) en el bosque de *Polylepis*, el cual alcanza una correlación de 82%, dicha ecuación es la siguiente: $\ln \text{Carbono Total} = -7.25 + 0.96 \ln(\text{altura}) + 1.08 \ln(\text{DAP})$.

Referencias

- Bautista H., J., & Torres Perez, J. (2003). *Valoración económica del almacenamiento de carbono del bosque tropical del Ejido Noh Bec, Quintana Roo, México*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 9(1), 69-75.
- Del Saz, S., & Suarez, C. (1998). *El valor del uso recreativo de espacios naturales protegidos: Aplicación del método de valoración contingente al parque natural de L'Albufera*. Economía Agraria.
- Escobar, L. A., & Erazo, A. (2006). *Valoración económica de los servicios ambientales del Bosque de Yotoco: Una estimación comparativa de la valoración contingente y coste de viaje*. Gestión y Ambiente, 25-38.
- Espinoza, B. N., & Quispe Rosemberg, A. B. (2013). *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de Polylepis sp en la Quebrada Llaca Parque Nacional Huascarán*. Huaraz.
- Fjeldsø J. & M. Kessler. 1996. *Conserving the biological diversity of Polylepis forests of the highlands of Perú and Bolivia*. Nordic Foundation for Development and Ecology (NORDECO), Copenhagen.
- Mansilla Astete, H. (2002). *Aspectos económicos de captura de carbono en especies nativas: Caso Bosque de "Queuña Qocha", Ollantaytambo, Cusco - Perú*. Cuzco: NRENA/BIOFOR.
- MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal : memoria descriptiva - Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural*. Lima.
- MINAM. (2014). *Perú Reino de Bosques*. Lima: Etiqueta negra/Pool Editores SAC.
- Pérez, O. (2008). *Valoración Económica de los Recursos Naturales y del Ambiente*. Lima: Cristo Vive.
- Urquiaga, E. G. (2012). *Secuestro de carbono por Polylepis sp (quenual) en bosques altoandinos de la microcuenca del Urubamba, Cusco*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Yallico, E. (1992). *Distribución de Polylepis en el sur de Puno. Proyecto Arbolandino Apoyo al desarrollo forestal comunal de la Región Altoandina*. Puno.
- Zutta, B., Rundel, P., Saatchi, S., Casana, J., Gauthier, P., Soto, A. & Wolfgang, B. (2012). *Prediciendo la distribución de Polylepis: Bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes*. Revista Peruana de Biología, 205-212.