

VALORACIÓN DE LA FIJACIÓN DE CARBONO EN DOS BOSQUES ALTO-ANDINOS (AMPAY-LAMPA)

Molleapaza Arispe, Efraín¹, Paiva Prado, Greta M¹., Chevarría Del Pino, Rodrigo¹, Gonzales Gamarra, Daniel¹, Concha Perez, Marilú¹

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Departamento Academico de Ciencias Biológicas

Received 15 March 2015; Accepted 12 October 2015; Published online 12 December 2015
Copyright statement

Abstract The problem generated by accumulation of greenhouse gas in the earth's atmosphere it affect the temperature of the Earth, the gas carbon is a primary component.

About the height Andean forests of Polylepis (P incana, P tomentosa, p sericea...) is placed in Peruvian territory , It has being changing , the forest measured 5600 Hectares years ago, but now the extension of forest is variable.

We can see how the forest could help to mitigate the climatic change or could be part of the solution of the greenhouse effect.

Forest is being strongly impacted; this situation is because poor people were cutting down trees to use as fuel, this is cause of the negative impact in the natural ecosystems.

One benefit of the native forest is the incidence in the economy of water, because the forest produce the shade effect, this effect is really important most of all in conditions the height Andean forests and open territories.

About the Ampay's forest, the production of carbon is estimated in 7850.746 kilograms, whit an average of 13.08 kilograms for hectare. On the other hand, the Lampa's forest, the fixation of carbon to a biomass of 1599,465 cubic meters is 442.4142 kilograms.

The danger for these forests is the human pressure, they do not have protection any one, they are highly vulnerable, it was evidencing whit the asphalt paving of the road that crosses over from south to north determines that the velocity of depredation is accelerated

If this situation continue and someone don't give the protective conditions, is impossible guaranteed the survival of these fragile ecosystems, it will restrict the contribution to production of water, the request of oxygen, habitat for the wild life, control of erosion, climatic stability etc.

After obtained results, we can say that the height Andean forests have a fundamental role in the equilibrium of the ecosystems of which we are a member.

In addition we can say that, Intimpa forests has advantage, because they are protected by Peruvian state, this protective situation avoid the impact of the human activity as extraction to firewood and the alteration of the main relations ship between the forest's components.

Keywords: Greenhouse Effect, Native forests, Capture Carbon

Resumen El problema generado por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, entendido como el incremento de la temperatura sobre la faz de la tierra, tiene como componente de este efecto la atmósfera capaz de acumular el carbono en su conformación.

Es el caso de los bosques nativos alto andinos de *Polylepis* (*P. incana*, *P. tomentosa*, *p. sericea*...) encontradas en esta parte del territorio del peruano, con una extensión variable y que hace años tenía una extensión de 5600 Has. es un ejemplo de cómo pueden aportar estos bosques a la solución o mitigación del efecto invernadero, por ende al cambio climático

El bosque de Lampa con el paso de los años está fuertemente impactado, debido fundamentalmente a la necesidad de combustible de los pobladores económicamente más deprimidos, más la prohibición del consumo de Kerosene se suma el precio prohibitivo del gas, la necesidad de leña proveniente de los bosques nativos, presionara cada vez más sobre estos sistemas. Otro beneficio del bosque nativo viene a tener el efecto sombra, en los temas silvo-pastoriles hecho que tiene incidencia directa en la economía del agua, sobre todo en condiciones alto andinas y territorios abiertos.

Para el bosque de Ampay se estima en 7850.746 kilos de carbono con un promedio de 13.08 kilos de carbón por hectárea, en tanto que se estima en 47.87 kilos de dióxido de carbono fijado por hectárea

Para el caso del bosque de queuña en Lampa, la fijación de carbono para una biomasa de 1599.465 metros cúbicos es de 442.4142 kilos de carbono.

El peligro para estos bosques es la presión humana, no tienen protección alguna, son altamente vulnerables, pues el asfaltado de la carretera que cruza de Sur a norte, determina que la velocidad de depredación sea cada vez mayor.

De no darse condiciones de protección que garanticen la sobrevivencia de los bosques, no es posible garantizar la supervivencia de estos ecosistemas frágiles, privándose de la contribución a los seres vivos de satisfacer el requerimiento de oxígeno, producción de agua, hábitat para la vida silvestre, control de erosión, estabilidad climática etc.

A partir de los resultados obtenidos, se pretende afirmar que los bosques nativos alto andinos cumplen un rol fundamental en el equilibrio de los ecosistemas del cual formamos parte, por lo observado, los bosques de Intimpa que están en un área natural protegida por el Estado, tienen la ventaja de que los árboles que se presentan están asegurados del impacto de la actividad humana, fundamentalmente la extracción de leña o la alteración de las relaciones principales entre los componentes de los bosques de Intimpa.

Palabras Clave: Efecto Invernadero, Bosques Nativos, Captura Carbono

INTRODUCCIÓN

El cambio climático mundial y de sus posibles efectos en todos los ecosistemas de la Tierra y en el estilo de vida de las sociedades, es uno de los problemas ambientales más discutidos en la década de los 90's y se espera que esta discusión aumente en el siglo XXI (Cielsa 1996; Acosta et al.1997).

Por esta razón, uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad hoy, es la expectativa que producirán las actividades económicas en el calentamiento global (Acosta et al, 1997).

La economía juega un papel importante en el análisis de las políticas y los mecanismos de mercado y otras soluciones. El protocolo de Kyoto, establece la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

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 el determinar cuál es el monto a pagar.

METODOLOGÍA

La Gravedad Específica, se define como el peso de un bloque de madera secado al horno dividido por el peso de una cantidad igual de volumen de agua y es expresado en decimales (Panshin y Zeeuw 1970).

Para obtener la **fracción del carbono en la biomasa**, se utilizó el método de calorimetría (Eduarte y Segura 1999).

Ecuaciones Alométricas para estimar biomasa total, volumen total y carbono almacenado.

Los datos se graficaron para observar las tendencias de las variables y la posible presencia de observaciones extremas, luego se insertó la línea de mejor ajuste y el coeficiente de terminación (R²) junto con el modelo.

Se probaron algunos modelos para estimar a partir del diámetro (dap), altura comercial, altura total, biomasa comercial y volumen comercial la cantidad de biomasa total por árbol. Por otra parte, se probaron modelos para estimar a partir del diámetro (dap), el volumen total, volumen comercial y el carbono almacenado. Los modelos probados fueron desarrollados por: Berkhout; Kopecky; Hchenadl-krenn; Husch; Supr. (1952); Toate; Meyer (1953); Burce y Shumachar (1949), citados por Loestch y Haller (1973). Los demás modelos son transformaciones de los anteriores.

Tanto los modelos lineales, logarítmicos, cuadráticos, potenciales, exponenciales como las transformaciones se probaron utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS).

Estimación de biomasa total, carbono almacenado y tasa de fijación de carbono en fincas privadas

Para el cálculo de la biomasa total de las fincas, se utilizó la base de datos de los inventarios forestales realizados en parcelas.

Se estimó la biomasa de fuste por árbol utilizando los registros de volúmenes de fuste del inventario forestal y censo comercial y la información de la gravedad específica de las especies muestreadas e información de literatura. Luego se obtuvo la biomasa total por árbol.

$$\text{bfuste} = \text{VF} \times \text{Ge}$$

Donde:

bfuste: Biomasa del fuste (t árbol⁻¹)

VF: Volumen de fuste (m³ árbol⁻¹)

GE: Gravedad específica (t m³)

$$\text{Ln}(\text{BT}) = 0.70 + 0.81 \times \text{Ln}(\text{bfuste})$$

Donde:

BT: Biomasa total (t árbol⁻¹)

Ln: logaritmo natural

bfuste: Biomasa de fuste (t árbol⁻¹)

La cuantificación del carbono almacenado se realizó por árbol, a partir de la estimación de la fracción de carbono de las especies muestreadas y el promedio de éstas para las especies no que se tenía información.

Para estimar la cantidad de biomasa total de las fincas fue necesario realizar los siguientes cálculos:

Con base en el dap mínimo reportado en el censo forestal se establecieron dos clases diamétricas (árboles menores y mayores a este dap)

Luego en el inventario forestal se procedió a calcular el porcentaje de biomasa para cada clase diamétrica

$$\%B_i = \left[\frac{B_i}{B_t} \right] \times 100$$

Donde: %B_i: porcentaje de biomasa de la clase diamétrica

B_i: Biomasa de árboles de la clase diamétrica (t)

B_t: Biomasa total (t).

Luego se estimó la cantidad de biomasa total del censo la cantidad de biomasa total para los árboles menores corresponde al mismo porcentaje de biomasa estimado en el inventario.

$$B_i = \frac{B_j \times \%B_i}{\%B_j}$$

Donde:

B_i: Biomasa de clase diamétrica menor (t)

B_j: Biomasa de clase diamétrica mayor

% Bj: Porcentaje de biomasa de clase diamétrica menor

% Bi: Porcentaje de biomasa de clase diamétrica mayor.

Para obtener la biomasa total a partir del 30 cm dap se sumó la biomasa estimada de la clase inferior y superior.

Por otra parte, para obtener la biomasa total de árboles mayores a 10 cm dap de tres fincas. Se obtuvo el porcentaje de la biomasa de esta clase diamétrica con respecto al total. Para estas tres fincas se utilizó el porcentaje obtenido en ellas mismas y para las restantes se usó el promedio de las anteriores.

Finalmente se obtuvo la biomasa total y el carbono almacenado por hectárea de las fincas con respecto al área efectiva en la que se realizó el censo comercial.

El flujo físico de carbono fijado anualmente o la tasa de fijación anual de carbono (TFC), se calculó mediante la información de incrementos del volumen total (IMA) de las PPM administradas por CATIE, se utilizó los promedios de todas las especies de la gravedad específica y de la fracción del carbono.

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

Donde:

TFC: Tasa de fijación de carbono ($t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

IMA: Incremento medio anual ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)

GE: Gravedad específica ($t \text{ m}^{-3}$)

FC: Fracción de carbono.

RESULTADOS

BOSQUE DE *Podocarpus glomeratus* (AMPAY)

Biomasa

La biomasa ha sido calculada en función de la muestra de 60 árboles, tomando en cuenta la ecuación de Smalian. Datos que se mencionan en el anexo A.

Así mismo se ha determinado la densidad de la madera de la Intimpa la misma que es de 0.48 g/cm^3 .

El volumen total de biomasa aérea es de 21.999 m^3 de madera, que considerando su densidad arroja 10.56 kilos para la muestra.

Asumiendo que son 600 hectáreas las cubiertas de bosques, con una población de aproximadamente 70,000 árboles, la biomasa aérea del bosque de Intimpa del Santuario Natural del Ampay sería de 10.710 kilos con 17.85 kilos por Ha.

Carbono

El análisis de carbono contenido en la madera de Intimpa para la muestra es de 26.17% que para la biomasa total significa 7,850.746 kilos de Carbono con aproximadamente 13.08 kilos por hectárea.

Dióxido de Carbono

Considerando el peso de dióxido de Carbono (44) se calcula que el volumen de dióxido de Carbono fijado es de 3.66 kilos. Con un aproximado de 47.87 kilos CO_2 por Hectárea.

Valor del Carbono Fijado

Aún no ha podido ser calculado el Valor del Carbono Fijado, para bosques de Intimpa en condiciones del Ampay, es una pinophyta que debería ser tratada con sus parientes más cercanos es decir con pinos y cipreses, empero, por las condiciones ecológicas de esta especie es decir Centroamérica versus los Andes, sería poco prudente establecer valores al respecto, sin embargo por la información bibliográfica puede considerarse.

50 dólares hectárea por año, con un total de 30,000 dólares para 600 Ha. de Intimpa al año.

Servicio Ambiental

Tratándose de un área natural protegida por el estado, como es el Santuario Nacional de Ampay, el servicio ambiental que presta a la humanidad es importante, según información bibliográfica, su funcionamiento se estima que alcanzaría a la suma de 5.00 dólares hectárea por año, con un total de 30,000 dólares para 600 Ha. de Intimpa al año.

BOSQUE DE *Polylepis spp.* (LAMPA)**Biomasa**

El volumen total de biomasa aérea es de 1599.465 m³ de madera.

Carbono

El análisis de carbono contenido en la madera de *Polylepis* para la muestra es de 27.66% que para la biomasa total significa 684,138.50 kilos de Carbono

Dióxido de carbono

Se calcula que el volumen de dióxido de Carbono fijado es de 1,234.67 kilos.

Valor de carbono fijado

Tampoco se ha podido ser calculado el Valor del Carbono Fijado, para bosques de *Polylepis* en condiciones de los bosques de Lampa, sin embargo por la información bibliográfica puede considerarse.

50 dólares hectárea por año, con un total de 30,000 dólares para 315,000 Ha. de *Polylepis* al año.

Servicios ambientales

Los bosques de queuña cumplen papeles sumamente importantes: contribuye a la estabilidad de laderas; son generadores de suelos; evitan la escorrentía de las precipitaciones. Aumentan la carga de la napa freática; favorecen a la diversidad de flora; son un buen componente de los bosques de neblina; constituyen el hábitat y refugio de aves y mamíferos.

Actualmente todas las especies de queuña están consideradas en peligro en las listas de especies vulnerables a nivel internacional y también para el Perú, donde la legislación las protege. Las poblaciones de queuña se están reduciendo cada vez más y son pocos los lugares donde se hallan pequeños bosques en buen estado. Quizás Lampa es uno de estos últimos refugios y todas las especies que acompañan a estos bosques y que también corren el peligro de desaparecer con ellos. Considérese además que estos bosques son el hogar de especies de la

fauna endémicas, siendo estos bosques zonas de vida exclusiva de especies vulnerables, en términos de aves citaremos a *Cinclodes aricomae* cuyo único hábitat son estos bosques alto andinos.

DISCUSIONES

De los resultados obtenidos se puede afirmar que esta especie se constituye en la única alternativa de una especie perenne que presenta y contribuye a aportar parte de la solución al efecto invernadero y consiguientemente a los efectos del cambio climático.

No se puede afirmar que la contribución a los servicios ambientales en lo que corresponda a secuestro de carbono es alta o baja, por no encontrarse resultados de otros estudios.

CONCLUSIONES

Se concluye que *Polylepis* y más especies perennes en el bosque de Lampa en el pasado constituyeron un macizo forestal mucho mayor en extensión que en la actualidad existe.

El bosque de Lampa debería ser declarado como un área natural protegida conservándose como una reserva nacional y por lo estudiado podrá ser estudiado como un santuario nacional con carácter regional, pues, en extensión es más importante que los bosques de *Polylepis* de Chiguata en la región Arequipa.

Se estima que para las condiciones ecológicas en que se desarrollan estas especies su rendimiento de flujo es aceptable lo que se ratifica en el hecho de ser la única especie arbórea en el altiplano puneño.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILA, G. (2001) Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica.
2. Agroforestería en las Américas. Vol.8 N°30
3. ALARCÓN S. N.G. 1,981. Estimación del tamaño de muestra para inventario de Bosques Subtropicales en Puno. Tesis Ing. Agrónomo. Puno-Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, 56 p.
4. BERMEJO, J. ET. AL. 1,985. El árbol en apoyo de la Agricultura. Sistemas Agroforestales en la Sierra Peruana. Lima-Perú, Proyecto FAO/Holanda/INFOR, documento de trabajo N° 4, 44 p.
5. BITTER, G. 1,911. Revision del Gattung Polylepis. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzen geographie, Vol. 45, 564-656 p.
6. GALIANO, S.W. (1989) “Bases para la elaboración del proyecto: Santuario Nacional del Ampay, Prov. Abancay-Apurimac” tesis de bachillerato. UNSAAC.86 pp.
7. GALIANO, S.W. (1990) “Elaboración de Base del plan maestro del proyecto: Santuario Nacional del Ampay, Prov. Abancay- Apurimac” tesis de investigación, Facultad de ciencias biológicas - UNSAAC.86 pp.
8. HOLDRIDGE H, L. 1,979. Ecología Basada en Zonas de Vida. Editorial Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José – Costa Rica. 276 p.
9. HOSTING, R. PALOMINO, C.(1997) el Santuario Nacional del Ampay refugio de intimpa en Apurímac Perú. Primera edición.
10. INSTITUTO DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE (IDMA) Diagnóstico para el plan maestro del Santuario Nacional del Ampay, Prov. Abancay- Apurimac 1998
11. LOJAN L, I. 1,966. Mediciones en árboles individuales Curso de Dasometría, I parte. Turrialba – Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Centro de Enseñanza e Investigación. 106 p.
12. LOJAN L, I. 1,967. Mediciones en Bosques. Curso de Dasometría, II parte. Turrialba-Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Centro de Enseñanza e Investigación. 83 p.
13. MALLEUX O, J. 1,985. Mapa Forestal del Perú (Memoria Explicativa). Lima-Perú, Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina 161p.
14. MALLEUX O, J. 1,982. Inventarios Forestales en Bosques Tropicales. Lima-Perú, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 114 p.
15. MELO, A. (1998) “Inventario forestal exploratorio del santuario nacional del Ampay” Abancay
16. ONERN. 1,976. Guía Explicativa del Mapa Ecológico del Perú, Lima-Perú, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 146 p.
17. ONERN. 1,986. Perfil Ambiental del Perú, Lima-Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales Informe ONERN/AID. 275 p.
18. OROS, T. (1994) Santuario Nacional del Ampay, Guía Ecológica” (IDMA)

19. OROS, T. (1995) Propagación vegetativa de *Podocarpus glomeratus* en el Santuario Nacional del Ampay, tesis UNSAAC, Cusco
20. PRETELL, J, OCAÑA, D; JON, R. & BARAHONA, E. 1,985. Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la Sierra Peruana, Lima-Perú. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. 120 P.
21. REYNEL, C. y MORALES, C.F. 1,987. Agroforestería Tradicional en los Andes del Perú, Lima-Perú. Proyecto FAO/Holanda/INFOR. 154 p.
22. SIMPSON, B.B. 1,979. A revision of the genus *Polylepis* (Rosaceae: sanguisorbae). Washington Smithsonian Press Contribution to Botany N° 43. 62 p.
23. VELASQUEZ M, A.M. 1,987. Flora en los Bosques Naturales de *Polylepis* spp. (queuñas) de la Prov. De Lampa del Dpto. de Puno. Seminario Curricular Fac. de Cs. Biológicas y Geografía. Cusco-Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 78 p.
24. WEBERBAUER, A. 1,945. El Mundo Vegetal de los Andes peruanos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. Estación experimental Agraria la Molina, Ministerio de Agricultura. 776 p.