

## Evaluación de la biomasa y el carbono presentes en los bosques del departamento de Loreto 2012, Perú

### Evaluation of biomass and carbon in forests of the department of Loreto 2012, Perú

Gustavo A. Malca Salas<sup>1</sup>, Herman R. Guimet Soto<sup>2</sup> y Blanca E. Cavero Flores<sup>3</sup>

Recibido: mayo 2013

Aceptado: junio 2013

#### RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el estado situacional del aporte de la biomasa y el carbono por los bosques del departamento de Loreto en un escenario correspondiente al año 2012. Se evaluaron en forma descriptiva los valores de biomasa y captura de carbono en los bosques del departamento, considerando cada una de las provincias, centrándose los esfuerzos de la investigación alrededor del problema ambiental global del cambio climático y el rol de los sistemas de uso de la tierra. De acuerdo con el mapa de vegetación y áreas intervenidas, se determinaron siete unidades de tipos de bosques y una en calidad de bosque intervenido; estas unidades se encuentran ubicadas en diferentes relieves topográficos y suelos, con distintas texturas y drenaje. Luego de realizada la revisión de la información de fuente secundaria, se procesó la información para los respectivos valores de biomasa, carbono y CO<sub>2</sub>, que se efectuó de acuerdo con los procedimientos normados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) y los respectivos protocolos validados (IPCC, 1996; Brown, 1997; MacDicken, 1997; Palm *et al.*, 1999; Schlegel *et al.*, 2001). Los resultados de la evaluación demostraron que los bosques del departamento de Loreto presentan una superficie deforestada en un área de 1 630 137,68 ha, que equivale al 4,42% del total del área de estudio, estimándose el valor de la biomasa en 7 436 871 901,88 toneladas (7436,87 teragramos) y el contenido de carbono en 3 718 435 950,94 toneladas (3718,44 teragramos).

**Palabras claves:** biomasa, carbono, gases de efecto invernadero, cambio climático.

#### ABSTRACT

This research aimed to determine the situational status of the contribution of biomass and carbon by forests of the region Loreto in a scenario corresponding to the year 2012. It was evaluated the biomass and capture of carbon in forests of the Loreto region whereas each of the provinces, focusing the research efforts around the environmental problem of global climate change and the role of the systems of land use in a descriptive form. According to the vegetation map and disturbed areas, seven types of forests units and one in quality of disturbed forest were identified; these units are located in different topographical reliefs and soils, with different textures and drainage. After carried out the review of secondary source information, processed information to the respective values of biomass, carbon and CO<sub>2</sub>, which was carried out according to procedures regulated by the IPCC and the respective validated protocols (IPCC, 1996; Brown, 1997; MacDicken, 1997; Palm *et al.*, 1999; Schlegel *et al.*, 2001). Evaluation results showed that either Loreto region's forests have an area deforested in an area of 1 630 137, 68 ha, which equals the 4,42% of the total area of study, estimated the value of the biomass in 7 436 871 901,88 tons (7436,87 teragram) and the carbon content was estimated at a 3 718 435 950,94 tons (3718,44 teragram).

**Key words:** biomass, carbon, greenhouse gases, climate change.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Augusto Freyre 616, Iquitos, Perú. gmalcas1@yahoo.es

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química. UNAP. Iquitos, Perú.

<sup>3</sup> Investigadora independiente. Iquitos, Perú.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos. La reducción de la tala de árboles tropicales es una parte vital de cualquier procedimiento internacional para reducir emisiones (tala de árboles tropicales corresponde hasta el 20% de emisiones globales del CO<sub>2</sub>) (Informe Stern, 2006; Marlan *et al.*, 2003).

Se acepta que las naciones tropicales necesitan una cierta clase de incentivo económico para reducir la tala de árboles, y que los países desarrollados compensen a estos países que la controlen. En el Perú, el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero estimado para el año 2009, muestra que las emisiones nacionales ascienden a 138 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, que comparado con lo reportado en el año 2000 tendría un incremento de 15% (en el 2000 se registró 120 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente). (Minam, 2012).

Los bosques amazónicos tienen la función de regular el clima, y de hacer posible el ciclo del agua, promoviendo la salud general de toda la vida del planeta (IPCC, 2001; Amat y León *et al.*, 2008).

Este ciclo hídrico continental podría alterarse permanentemente por la explotación productiva de los recursos de la Amazonía y por el aumento de la temperatura del planeta, a causa de las emisiones generadas por las actividades productivas en otros continentes. El avance de la desertificación de la Amazonía originaría consecuencias muy graves para el bienestar de los pueblos de todas las

naciones, por lo que esta función vital para el mantenimiento del ecosistema debería ser retribuida por todos para asegurar su funcionamiento.

Pese a que los resultados obtenidos en el inventario nacional del año 2000 muestran una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por deforestación respecto al año 1994, esto se explica por la disminución de la tasa de deforestación para el año 2000. En estos inventarios se incidió en las estimaciones de CO<sub>2</sub> correspondientes a bosques secundarios y plantaciones jóvenes (Minam, 2012).

La región amazónica es afectada por el cambio climático, no solamente por el agotamiento paulatino de su fuente de agua que son los glaciares andinos y por la escasez de lluvias en toda la planicie amazónica, sino también por el incremento de la evapotranspiración por la elevación de la temperatura (Convención Marco sobre Cambio Climático, 2001).

Además, muchos de los cultivos nativos comienzan a sentir la incidencia de altas temperaturas y variación de humedad durante el ciclo fenológico y se hacen más sensibles a impactos entomológicos y enfermedades.

La zonas alta y media andinas, donde se ubican las poblaciones pobres y de extrema pobreza, han visto afectados sus cultivos por la aparición de plagas y por la degeneración de los cultivos.

Por lo tanto, estas y otras evidencias del efecto del cambio climático, lleva a la necesidad de reducir los impactos adversos de este cambio, en especial en las zonas más vulnerables del país, con proyectos de adecuación y controlando las emisiones de contaminantes y de gases de efecto invernadero (GEI) a través de programas de energías renovables y de eficiencia energética, por ejemplo

(Cuello, 1997; Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2007).

Luego, evaluar la capacidad de almacenamiento de carbono a partir de la biomasa presente en los bosques del departamento de Loreto, es de vital importancia para establecer las premisas de manejo adecuado de los mismos sin que esto signifique la generación de emisiones.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Lugar de estudio

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales de la Amazonía (Cirna), distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

### Metodología de investigación

Los métodos de evaluación de los diferentes valores de biomasa y captura de carbono se centran en los esfuerzos de la investigación alrededor del problema ambiental y el rol de los sistemas de uso de la tierra.

La generación de valores de captura de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra se realiza tanto a nivel científico como en el nivel más técnico relativo con el desarrollo de proyectos de mitigación.

Se reportan dos maneras de abordar la obtención de valores para el potencial de captura de carbono:

- **Métodos de estimación**

Algunas experiencias exitosas en el desarrollo de proyectos de mitigación han abordado la cuantificación de los valores de captura, tomando valores de la literatura y planteando una serie de suposiciones (simulación) que permite calcular el potencial de captura.

Estos esfuerzos estiman los valores de carbono, obteniéndose valores razonables, pero necesitan verificación de campo (Brown, 1997).

- **Métodos de medición**

Otras experiencias han optado por recurrir a mediciones físicas para obtener los valores de captura de carbono con la aplicación de inventarios forestales (Segura, 1998; Palm *et al.*, 1999; Márquez, 2000).

En la estimación del carbono acumulado en los distintos ecosistemas forestales, se utilizan los inventarios de carbono que contabilizan el carbono fijado al momento de las mediciones. Para que los inventarios puedan ser comparados entre sí y reflejen la cantidad real de carbono acumulado por el ecosistema, es importante que estos sean confiables, es decir, se basen en principios y procedimientos aceptados de inventario, muestreos y ciencias del suelo (CIFOR/CATIE/BID, 1998; Schlegel *et al.*, 2001).

Tanto estimar como medir el potencial de captura de carbono son procedimientos válidos y ambos han producido resultados exitosos, es decir, proyectos formulados adoptando ambos métodos, indistintamente, han sido considerados aptos para su gestión de apoyo financiero. (Gayoso y Schlegel, 2001; INAB/CATIE/PAFG, 1999).

### Población

Se tomó la información de los bosques distribuidos en cada una de las siete provincias del departamento de Loreto al 2012.

### Análisis de los datos

#### Procesamiento de la información

Luego de realizada la revisión de la información de fuente secundaria, se procesó la información para los respectivos valores de

biomasa, carbono y CO<sub>2</sub>, que se efectuó de acuerdo con los procedimientos normados por el IPCC y los respectivos protocolos validados (IPCC, 1996; Brown, 1997; MacDicken, 1997; Palm *et al.*, 1999; Schlegel *et al.*, 2001).

#### Áreas por tipo de bosque en cada provincia

Estas áreas se encuentran consignadas en el acápite correspondiente y son las que determinan con su extensión la cantidad de biomasa presente estimada con la información referencial de los inventarios respectivos y semejantes a los tipos de bosque del área de estudio (Malleux Orjeda, 1995; Gorel, 2007).

#### Determinación de la biomasa presente en cada provincia (t/ha)

Se procesó la información que tipificaba las unidades fisiográficas del área de estudio y se estimó la biomasa de acuerdo con los índices y rendimientos del bosque en pie. Se estimó la biomasa en t/ha.

#### Balace de carbono por cada provincia

Para cada centro poblado se determinó la biomasa como un paso inicial para estimar el carbono presente en cada tipo de bosque sin intervenir y también para determinar el carbono liberado debido a acciones de deforestación (apertura de nuevas chacras y extracción forestal), y por consumo de leña, entonces se obtuvo datos de carbono absorbido y carbono liberado.

Para el procesamiento de la información referida al carbono, tanto para los valores por estimación, como para los valores obtenidos por medición (del trabajo de campo), se han tenido presente las siguientes consideraciones:

#### Valores de biomasa (t/ha)

Los valores de biomasa sobre la superficie por hectárea se estimaron sobre la base de información de inventarios realizados en

campo (AECI e IIAP, 2001; Brown, 1997).

En los bosques intervenidos, los valores de biomasa se pueden tomar como referencia según tipo de intervención:

- \* Cultivos temporales : 42 t/ha
- \* Cultivos permanentes : 60 t/ha
- \* Purmas : 189,25 t/ha
- \* Pastizales : 2 t/ha

**Tabla 1.** Valores estimados de biomasa por hectárea en bosques de Loreto.

| UNIDAD FISIOGRÁFICA                | Biomasa (t/ha) |
|------------------------------------|----------------|
| Aguajales                          | 245,50         |
| Áreas Deforestadas                 | 11,00          |
| Bosque Húmedo de Colina Alta       | 260,00         |
| Bosque Húmedo de Colina Baja       | 185,00         |
| Bosque Húmedo de Llanura Meándrica | 277,74         |
| Bosque Húmedo de Montaña           | 280,00         |
| Bosque Húmedo de Terraza Alta      | 319,58         |
| Bosque Húmedo de Terraza Baja      | 277,74         |
| Bosque Húmedo de Terraza Media     | 230,34         |
| Pantanos                           | 205,00         |

Fuente: elaboración propia.

Valores de absorción de carbono y CO<sub>2</sub>: La fracción de carbono presente en la biomasa es equivalente a 0,50 (IPCC, 1996).

Para el caso del valor de CO<sub>2</sub> absorbido se efectuó con la siguiente relación proveniente de la comparación de los pesos moleculares:

$$CO_2 = C * \frac{44}{12}$$

## RESULTADOS

### **Estimación a partir de los tipos de bosque en la zona de estudio**

De acuerdo con el mapa de vegetación y áreas intervenidas, se determinaron siete unidades de tipos de bosques y una en calidad de bosque intervenido; estas unidades se encuentran ubicadas en diferentes relieves topográficos y suelos, con diferentes texturas y drenaje:

## Biomasa presente

Se muestran los resultados en la tabla 2 de la biomasa presente en cada provincia y por cada unidad fisiográfica evaluada en el contexto del departamento de Loreto.

Tabla 2. Valores estimados de biomasa en bosques de Loreto.

| UNIDADES                           | Biomasa (t)             |                       |                       |                         |                         | DATEM DEL MARAÑÓN     | TOTAL POR REGIÓN      |                         |               |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
|                                    | MAYNAS                  | UCAYALI               | ALTO AMAZONAS         | REQUENA                 | LORETO                  |                       |                       | RAMÓN CASTILLA          | t             |
| Aguajales                          | 99 560 038,09           | 3 434 051,55          | 72 389 303,49         | 53 575 175,31           | 376 430 379,15          | 34 513 752,53         | 1 65 901 979,36       | 805 804 679,46          | 10,84         |
| Áreas Deforestadas                 | 2 884 089,23            | 781 784,85            | 1 915 788,27          | 456 322,35              | 10 839 207,50           | 532 530,24            | 521 792,04            | 17 931 514,48           | 0,24          |
| Bosque Húmedo de Collina Alta      | 0,00                    | 92 686 308,00         | 14 775 800,00         | 61 961 790,80           | 39 650,00               | 0,00                  | 53 917 440,20         | 223 380 989,00          | 3,00          |
| Bosque Húmedo de Collina Baja      | 1 862 729 776,00        | 150 775 645,65        | 95 393 548,00         | 540 246 005,80          | 37 489 682,05           | 551 765 256,50        | 1 62 209 263,55       | 3 400 609 177,55        | 45,73         |
| Bosque Húmedo de Llanura Meándrica | 140 914 377,48          | 56 385 436,09         | 13 134 252,39         | 80 505 172,03           | 428 544 360,04          | 89 283 872,41         | 19 316 150,42         | 828 083 620,86          | 11,13         |
| Bosque Húmedo de Montaña           | 0,00                    | 184 158 962,40        | 34 738 452,00         | 0,00                    | 0,00                    | 0,00                  | 117 814 796,40        | 336 712 210,80          | 4,53          |
| Bosque Húmedo de Terraza Alta      | 7 911 308,36            | 23 777 985,58         | 18 432 137,63         | 33 778 244,59           | 7 805 872,53            | 31 556 105,78         | 6 551 994,01          | 129 813 648,47          | 1,75          |
| Bosque Húmedo de Terraza Baja      | 28 394 140,65           | 48 966 153,59         | 43 428 731,78         | 21 297 233,74           | 11 319 971,39           | 9 153 371,64          | 299 066 074,26        | 461 625 677,04          | 6,21          |
| Bosque Húmedo de Terraza Media     | 27 729 969,22           | 41 351 774,68         | 20 661 861,94         | 19 434 767,05           | 643 705,86              | 18 400 957,36         | 40 840 272,46         | 169 063 308,57          | 2,27          |
| Cuerpos de Agua                    | 0,00                    | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                    | 0,00                    | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                    | 0,00          |
| Pantanos                           | 64 565 707,35           | 85 415 308,20         | 63 205 282,25         | 248 453 686,00          | 448 853 110,85          | 26 877 277,35         | 126 476 703,65        | 1 063 847 075,65        | 14,31         |
| <b>TOTAL DE PROVINCIAS</b>         | <b>2 234 689 406,38</b> | <b>687 733 410,58</b> | <b>378 075 157,74</b> | <b>1 059 708 397,67</b> | <b>1 321 965 939,36</b> | <b>762 083 123,81</b> | <b>992 616 466,35</b> | <b>7 436 871 901,88</b> | <b>100,00</b> |

### Carbono presente

El carbono presente en la zona de estudio se muestra en la tabla 3. Los valores estimados se presentan por cada provincia y por cada unidad fisiográfica analizada.

**Tabla 3.** Valores estimados de carbono presente por provincia en el departamento de Loreto.

| UNIDADES                           | Carbono (t)             |                       |                       |                       |                       | TOTAL POR REGIÓN      | %                     |                         |                   |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
|                                    | MAYNAS                  | UCAYALI               | ALTO AMAZONAS         | REQUENA               | LORETO                |                       |                       | RAMÓN CASTILLA          | DATEM DEL MARAÑÓN |
| Aguajales                          | 49 780 019,04           | 1 717 025,77          | 36 194 651,75         | 26 787 587,66         | 188 215 189,58        | 17 256 876,26         | 82 950 989,68         | 402 902 339,73          | 10,84             |
| Áreas Deforestadas                 | 1 442 044,62            | 390 892,43            | 957 894,14            | 228 161,18            | 5 419 603,75          | 266 265,12            | 260 896,02            | 8 965 757,24            | 0,24              |
| Bosque Húmedo de Colina Alta       | 0,00                    | 46 343 154,00         | 7 387 900,00          | 30 980 895,40         | 19 825,00             | 0,00                  | 26 958 720,10         | 111 690 494,50          | 3,00              |
| Bosque Húmedo de Colina Baja       | 931 364 888,00          | 75 387 822,83         | 47 696 774,00         | 270 123 002,90        | 18 744 841,03         | 275 882 628,25        | 81 104 631,78         | 1 700 304 588,78        | 45,73             |
| Bosque Húmedo de Llanura Meándrica | 70 457 188,74           | 28 192 718,05         | 6 567 126,19          | 40 252 586,01         | 214 272 180,02        | 44 641 936,20         | 9 658 075,21          | 414 041 810,43          | 11,13             |
| Bosque Húmedo de Montaña           | 0,00                    | 92 079 481,20         | 17 369 226,00         | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 58 907 398,20         | 168 356 105,40          | 4,53              |
| Bosque Húmedo de Terraza Alta      | 3 955 654,18            | 11 888 992,79         | 9 216 068,81          | 16 889 122,29         | 3 902 936,26          | 15 778 052,89         | 3 275 997,00          | 64 906 824,23           | 1,75              |
| Bosque Húmedo de Terraza Baja      | 14 197 070,32           | 24 483 076,79         | 21 714 365,89         | 10 648 616,87         | 5 659 985,69          | 4 576 685,82          | 149 533 037,13        | 230 812 838,52          | 6,21              |
| Bosque Húmedo de Terraza Media     | 13 864 984,61           | 20 675 887,34         | 10 330 930,97         | 9 717 383,52          | 321 852,93            | 9 200 478,68          | 20 420 136,23         | 84 531 654,29           | 2,27              |
| Cuerpos de Agua                    | 0,00                    | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                  | 0,00                    | 0,00              |
| Pantanos                           | 32 282 853,68           | 42 707 654,10         | 31 602 641,13         | 124 226 843,00        | 224 426 555,43        | 13 438 638,68         | 63 238 351,83         | 531 923 537,83          | 14,31             |
| <b>TOTAL DE PROVINCIAS</b>         | <b>1 117 344 703,19</b> | <b>343 866 705,29</b> | <b>189 037 578,87</b> | <b>529 854 198,83</b> | <b>660 982 969,68</b> | <b>381 041 561,90</b> | <b>496 308 233,17</b> | <b>3 718 435 950,94</b> | <b>100,00</b>     |

## DISCUSIÓN

Si bien es cierto que los cálculos se han realizado utilizando fuente de información secundaria, la metodología aplicada no ha considerado otros parámetros que pudieran tener una mejor aproximación con los contenidos de biomasa y carbono en los bosques de Loreto, como inventarios *in situ* a nivel de detalle y con el apoyo de imágenes satelitales que reflejen el estado de los bosques y los reales niveles de deforestación hasta el año 2012.

La estimación del contenido de biomasa presente en los bosques de Loreto no considera la biomasa debajo de la superficie (raíces), que en el caso de humedales reflejarían valores de biomasa mayores en comparación con otros tipos de bosque.

Los bosques del departamento de Loreto presentan una superficie deforestada en un área de 1 630 137,68 ha, que equivalen al 4,42% del total del área de estudio, y es contrastante con la información de las autoridades que fiscalizan los permisos de extracción, ya que de acuerdo a los permisos de aprovechamiento de recursos maderables, se estaría haciendo intervención en superficies menores. Sin embargo, a la luz de los efectos de la deforestación en ciernes, la velocidad de emisiones de gases de efecto invernadero por estas actividades, incrementarían la contribución global al problema ambiental de cambio climático.

## CONCLUSIONES

1. La biomasa estimada ascendió a la suma de 7 436 871 901,88 toneladas (7436,87 teragramos).
2. El carbono estimado ascendió a la suma de 3 718 435 950,94 toneladas (3718,44 teragramos).
3. Deben evaluarse los parámetros de la deforestación y emprender acciones de manejo sostenible de los bosques en Loreto. De esta forma se evitaría o reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero producto del cambio de uso de la tierra.
4. Debe considerarse la posibilidad del potencial que tienen los bosques en la Amazonía peruana y en particular en el departamento de Loreto, en sus posibilidades de generar proyectos de aprovechamiento de los servicios ambientales que nuestros bosques prestan a la humanidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AECI e IIAP. 2001. Iquitos-Nauta: Zonificación ecológico-económica para el desarrollo sostenible. Publicación digital en disco compacto. IIAP, Proyecto Araucaria Amazonas Nauta de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y CTAR-Loreto. Iquitos, Perú.
- Amat y León C, Seminario B, Paz M, Bambaran S, Macera L. 2008. El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina. Lima, Perú.
- Brown S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. A Forest Resources Assessment publication. FAO Forestry. Paper 134.
- CIFOR/CATIE/BID. 1998. Protocolo de levantamiento de vegetación en bosques secundarios. Proyecto de investigación de manejo de bosques secundarios en América tropical. 17 pp.
- Convención Marco sobre Cambio Climático. 2001. Informe de la conferencia de las

- partes sobre su séptimo periodo de sesiones, celebrado en Marrakech del 29 de octubre al 10 de noviembre de 2001. Art. 3.
- Cuello C. 1997. Implementación conjunta: ¿Oportunidad para el desarrollo sostenible en el Sur, o mecanismo de evasión de los países del Norte? En: Ciencia y Sociedad, Vol. XXII, n.º 2, abril-junio de 1997. Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Gayoso J, Schlegel B. 2001. Guía para la formulación de proyectos forestales de carbono. Proyecto FONDEP D9811076. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Valdivia, Chile.
- Gorel. 2007. Actualización del Mapa Forestal de Loreto. Oficina de Acondicionamiento Territorial SIG.
- INAB/CATIE/PAFG. 1999. Potencial de carbono y absorción de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de la República de Guatemala. Primera Comunicación Nacional y Plan de Acción sobre Cambio Climático (CONAMA) - Proyecto GUA/97/G32.
- Informe Stern. 2006. Citado en: El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina. Lima, Perú.
- IPCC. 1996. Módulo 5: Cambios de uso de la tierra y silvicultura. Documento vía internet.
- IPCC. 1996. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Versión revisada en 1996.
- IPCC. 2001. Tercer Informe de Evaluación. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Suiza.
- MacDicken KG. 1997. A Guide to Morning Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock International Institute for Agricultural Development. [www.winrock.org/reep/pdf\\_pubs/carbon.pdf](http://www.winrock.org/reep/pdf_pubs/carbon.pdf)
- Malleux Orjeda. 1995. Mapa Forestal del Perú.
- Marlan G, Boden T, Andres B. 2003. Global, Regional and National CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC). Oak Ridge National Laboratory, U. S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn. Disponible en: <http://cdiac.esd.ornl.gov/UNFCCC> (United Nations Framework Convention on Climate Change).
- Márquez L (ed.). 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Fundación Solar. Guatemala.
- Minam. 2012. Proyecto Planificación ante el cambio climático - Plan CC Perú. Actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero al año 2009.
- Palm C, Hairiah K, Wordwijk V. 1999. Muestreo revisado de carbono. ASB.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. 2007. Cambio climático: La base científica. Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.
- Schlegel B, Gayoso J, Guerra J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Proyecto FONDEF D9811076. Medición



de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Valdivia, Chile.

Segura M. 1998. Almacenamiento y fijación

de carbono en *Quercus costaricensis*, en un bosque de altura en la cordillera Talamanca, Costa Rica. Universidad Nacional. Facultad de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Ambientales.