

**Pérez Pinedo, H. ; Luccini, E. ; Herrera, L. ; Parodi, M. ;
Matar, M. ; Barrea, L. ; Mechni, M. ; Masramón, E.**

*Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora
nativa de totora en un humedal costero de Perú*

Energeia, Año 13, N° 13, 2015

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Pérez Pinedo, H. et al. Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú [en línea]. *Energeia*, 13(13), 2015. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/revistas/cuantificacion-captura-co2-flora-nativa.pdf> [Fecha de consulta:]

Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú

H. Pérez Pinedo¹, E. Luccini^{2,3}, L. Herrera³, M. Parodi^{3,4}, M. Matar^{3,4}, L. Barrea^{3,4},
M. Mechni³ y E. Masramón³

Proyecto “Análisis y predicción de variables medioambientales. Efectos y aplicaciones en estudios de Impacto Ambiental”

¹ Maestrando de la Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina, Rosario.

² CONICET - Centro de Excelencia en Productos y Procesos de la Provincia de Córdoba (CEPROCOR).
Santa María de Punilla, Córdoba.

³ Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina, Rosario.

⁴ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.

Resumen. Se cuantifica la captura de CO₂ por la flora nativa de totora (*Schoenoplectus californicus*) en los humedales de Villa María, sobre la costa del Pacífico en Perú. Se delimitó el área representativa ocupada por esta especie para evitar zonas heterogéneas y se cuadrículó la zona trazando líneas que atravesasen toda el área, donde se realizaron muestreos aleatorios de 1 m² de la parte aérea y de la raíz de la biomasa. El contenido de carbono en la estructura vegetal se determinó por método de “Walkley y Black” y la captura de dióxido de carbono se estimó mediante el “factor de conversión de carbono a dióxido de carbono”. Se obtuvo un valor de contenido de dióxido de carbono capturado por totora (partes aérea + raíz) de 84.05 tCO₂/ha comprobándose que, entre otros importantes servicios al medio ambiente y al Ser Humano, estos humedales actúan de modo crucial en la captación de CO₂ atmosférico ante el presente escenario de cambio climático planetario.

Palabras Clave: captura y almacenamiento de carbono - CO₂ - totora - humedales - Perú - cambio climático

Abstract. The CO₂ uptake by native flora species of totora (*Schoenoplectus californicus*) at the Villa María wetlands in Perú was studied. Representative areas were delimited, defining lines throughout the area where 1 m² samples were randomly taken of the aerial and the root parts of the biomass. The Walkley and Black method was used to determine the carbon content and the carbon-to-carbon dioxide conversion factor was used to estimate the carbon dioxide uptake. Carbon dioxide uptake values for totora (aerial + root parts) of 84.05 tCO₂/ha were obtained demonstrating that, together with other important services to the environment and to the Humans, these wetlands have a crucial role for the uptake of atmospheric CO₂ in the present planetary climate change scenario.

Keywords: carbon uptake and storage - CO₂ - totora - wetlands - Perú - climate change

1. Introducción

Los humedales cubren aproximadamente el 6% de la superficie de la Tierra según la estimación del Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Cumplen funciones muy importantes, como la fijación de carbono, representando un elemento de mitigación de los efectos del cambio climático planetario actual. Son especialmente vulnerables al cambio climático, por lo que requieren una atención especial y el desarrollo de una estrategia de adaptación, esta vulnerabilidad es aún mayor si se tienen en cuenta las peculiaridades, características físico-geográficas e importancia ecológica de gran parte de los humedales (Moya et al. 2005). Lamentablemente en muchos lugares no se brinda la protección necesaria, por lo que 64% de los humedales

en todo el mundo se han perdido desde los años 1900, y tales pérdidas han sido mayores y más rápidas para el interior de los humedales naturales costeros (Davidson, 2014).

El incremento de dióxido de carbono (CO₂), uno de los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera, generado por actividades humanas y naturales como la quema de combustibles fósiles, incendios forestales, cambios de uso de tierra, etc., ha producido un aumento de la temperatura atmosférica de aproximadamente 0.9°C respecto a los niveles preindustriales¹.

El calentamiento global produce graves consecuencias, como mayor cantidad de precipitaciones, veranos con temperaturas más altas, inviernos más crudos, disminución de las capas de hielo en los Polos y glaciares, incremento del nivel del mar e inundaciones de zonas bajas e islas, aumento de la desertificación, desaparición de flora y fauna en ecosistemas, escasez de agua e inestabilidades atmosféricas (huracanes, incendios, etc.), y efectos secundarios de catástrofes humanas (propagación de la hambruna y enfermedades, etc.).

Los humedales de Villa María (Perú) han sido severamente afectados durante los últimos años por la actividad antrópica, ocasionando la drástica disminución de su flora representativa y de gran valor artesanal como los totorales, gramadales, juncuales y carrizales, debido a la falta de voluntad y autoridad política en sus labores de prevención, cuidado y mantenimiento, sumados a la indiferencia de los ciudadanos que desconocen el gran servicio que nos brindan estos ecosistemas. Los impactos negativos van desde la reducción de su área física, deterioro del paisaje y hábitats naturales, pasando por la disminución de especies de flora y fauna, hasta presentar graves problemas de contaminación e incompatibilidad con las actividades existentes en el contexto urbano. La protección de los humedales implica entonces una respuesta al cambio climático.

Así, esta investigación tiene el propósito de establecer un importante precedente investigativo en la región, ya que no se han realizado investigaciones similares en los humedales de Villa María, brindar iniciativas al respecto para otras investigaciones, y mejorar el nivel de cultura y educación ambiental. Por otro lado, generar conciencia política en las autoridades competentes para que tome acciones correspondientes y priorice formular e implementar una política ambiental que permita afrontar la crítica situación actual en el manejo de los humedales. El estudio fue desarrollado durante el periodo julio de 2014 a septiembre de 2015, con una etapa de campo realizada entre octubre y diciembre de 2014, mientras la etapa de laboratorio comprendió los meses de enero a julio de 2015.

2. Caracterización del área de estudio

Loayza-Aguilar (2002) señala que los humedales de Villa María (Perú) constituyen un “Ecosistema marino-costero templado que se desarrolla sobre una terraza hidromórfica a 3 msnm, con pendiente promedio de 1% y cuyo régimen hídrico depende de la infiltración permanente del río Lacramarca y aguas de regadío que originan la presencia de cinco sistemas: ribereño, palustrino, estuarino, marino y artificial, en donde se pueden identificar gradientes salinos entre oligosalino a hipersalina y una vegetación hidrófila emergente típica, soporte de una importante diversidad faunística acuática, particularmente avícola”. Como lo muestra la Figura 1, están ubicados en la parte baja del valle del Lacramarca, entre los Distritos de Chimbote y Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, abarcando un área de 920 ha.

La flora de este ecosistema está constituida por organismos microscópicos (microalgas) y plantas vasculares, unas típicamente hidrofíticas, como las de las lagunas y pantanos (en particular la totora), y otras terrestres, como las encontradas en la barra del río y llanura salina. En otros casos también se encuentran plantas que están perfectamente adaptadas a vivir tanto en biotopos acuáticos y terrestres, como las que constituyen el “gramadal”, “juncal”, “carrizal” y “salicornial”.

Arana y Salinas (2003) realizaron un estudio sobre la flora de los humedales de Chimbote, concluyendo que los humedales de Villa María de Chimbote representan una flora vascular compuesta por 41 especies en 18 familias, el 61% magnoliópsidas y el 39% liliópsidas. Las familias con mayor número de especies son Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae. Las formas de crecimiento dominantes son las hierbas (85%) seguidas de arbustos (10%). La mayor diversidad de especies se encuentra en la desembocadura del río Lacramarca.

¹IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report.

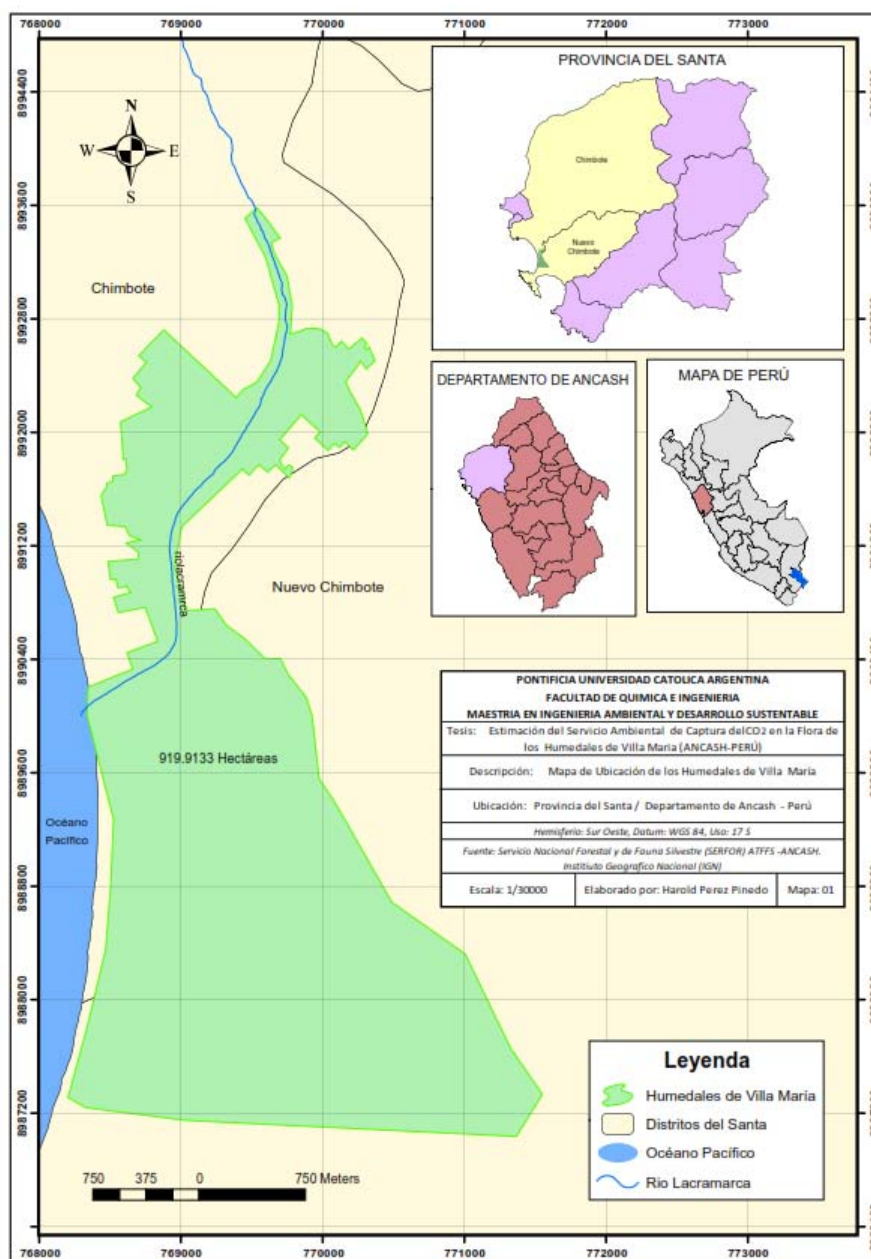


Figura 1: Ubicación geográfica de los humedales de Villa María.

3. Caracterización de la flora analizada en el presente estudio

La determinación taxonómica de la especie de flora que se analiza en esta investigación fue realizada en el Dpto. de Biología (MOL) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, mediante el reconocimiento de caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos, utilizando el sistema de clasificación del Angiosperm Phygeny Group III (APG III, 2009). La figura 2 muestra la imagen de un sector del humedal claramente dominado por la presencia de totoras. Según Heiser (1978), la totora es una planta silvestre perenne que crece en sitios inundados o planos, de sustrato arcilloso. Es abundante en las riberas del humedal, lagos y lagunas². Posee tallos subterráneos (rizomas) que crecen paralelamente a la superficie del suelo, las hojas salen de la base y son largas y angostas, los tallos varían de 1 m a 4 m, de forma erecta y remotos, son lisos, trígonos o subteretes, también poseen aerénquimas que son tejidos sin color con grandes espacios intercelulares llenos de aire que facilitan la flotación y la llegada de aire a los órganos sumergidos (Aguilar et al, 2009). En la mayoría de los casos, la totora se reproduce vegetativamente, la producción por semillas es muy limitado debido a que generalmente no logran germinar. La reproducción vegetativa es por desarrollo de propagulos vegetativos, mediante células especializadas en propagar la planta (meristemos), agrupadas en estructuras especiales (rizomas). De esta manera se producen individuos nuevos ya adaptados al medio ambiente (Delgadillo, 2010).

² Lago Titicaca, A. L. T. Uso de Totorales para la Descontaminación en Bolivia.



Figura 2. Totoral en los humedales de Villa María.

4. Metodología de campo

El área de estudio corresponde al Plan General de Manejo Forestal en los humedales de Villa María, 153.14 ha que incluyen el manejo de totora estimadas mediante mapas satelitales Landsat 8 y Google Earth. Se delimitaron áreas representativas para evitar zonas heterogéneas y así utilizar el muestreo aleatorio. Se determinaron 25 puntos, 5 correspondientes a totora. De cada punto se tomaron muestras de la biomasa aérea y de la raíz con 3 repeticiones para una estimación estadística.

Se cuadriculó la zona trazando líneas que atravesasen toda el área, de estas cuadrículas se seleccionaron al azar los puntos a muestrear, las que fueron localizadas en cada zona usando un GPS navegador. Dentro de las cuadrículas seleccionadas aleatoriamente se colocó un cuadrante de 1 m², del cual se extrajeron por completo las partes aérea y radicular, como se muestra en la Figura 3. La biomasa aérea registró una densidad promedio de 9.91 kg/m².



Figura 3. Izquierda: Totoral en cuadrante de 1 m², Centro: corte de la parte aérea, Derecha: peso en fresco de la muestra.

Luego se seleccionó una sub-muestra, registrando el peso fresco y colocándolo en una bolsa de papel correctamente identificada (Figura 4).



Figura 4. Registro del peso de la sub-muestra aérea y rotulación.

Se procedió a secar las muestras colectadas, en estufas a 75°C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante (Figura 5).



Figura 5. Secado de muestras en estufa

Para la parte raíz de las plantas de totora, en el mismo cuadrante la biomasa se realizó un muestreo directo de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad bajo la superficie, y se procedió al pesado en fresco, selección de sub-muestras, rotulación y secado en horno del mismo modo que para la parte aérea antes mencionada.

5. Metodología de laboratorio

5.1 Metodología para la Determinación del Factor de conversión de Carbono

Con la finalidad de estimar la captura de CO₂ atmosférico, previamente se debe determinar el carbono acumulado en la estructura vegetal en las muestras de flora, parte aérea y radicular. Para ello se utilizó el Método de Walkley y Black (1934) o de Titulación, como lo detallan Lapeyre et al (2004), trabajo realizado en el laboratorio de la Universidad Agraria la Molina de Lima, Perú. La materia orgánica es oxidada con una mezcla de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) con ácido sulfúrico (H₂SO₄). El exceso de K₂Cr₂O₇ es determinado por titulación con sulfato ferroso (FeSO₄) o con sulfato ferroso amoniacal (NH₄Fe)₂ (SO₄)₃. Este método proporciona una estimación fácilmente oxidable de carbono orgánico y es usado como una medida de carbono orgánico total.

Siguiendo el procedimiento fue sugerido por Kalra y Maynard (1991)³, se obtuvieron las muestras de peso seco de las especies de flora en estudio, luego se molieron las muestras en un molino de laboratorio, se extrajo 0.2 g de muestra y llevo a un frasco de Erlenmeyer de 125 ml, se le agregó a las muestras 10 ml de solución dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 4N, posteriormente se agregó 10 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, mezclando para homogeneizar la solución. Durante esta reacción hay generación de calor, por lo cual las muestras permanecieron en reposo durante 2 a 3 horas hasta enfriarse. Se enrasó a 100 ml con agua desionizada (previamente hacer un blanco). Posteriormente se tituló con solución sulfato ferroso amoniacal 0.2N, agregando gotas de indicador difenil amina sulfúrica 1% (3 gotas/20 ml). Finalmente, se obtuvo el factor de carbono mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia organica} = Mx \frac{1.724x0.4xNsfa \times (Vb - Vm)}{\text{peso de la muestra inicial gr.}}$$

$$Vb = \frac{V(K_2Cr_2O_7) \times Vsfa}{10}$$

Donde M es la molaridad de la solución de FeSO₄, 0.4 es el factor equivalente del peso del carbón, Vb es el volumen de la solución ferrosa amoniacal requerido para el blanco (ml), Vm es el volumen de la solución ferrosa amoniacal requerido para la muestra (ml), Nsfa es la Normalidad de la solución ferrosa amoniacal = 4/Vsfa bk (el volumen de la solución sulfato ferrosa amoniacal del blanco).

5.2 Estimación de captura de dióxido de carbono por las especies de flora

El peso seco de la biomasa, multiplicado por el factor porcentaje de carbono que se determinó previamente en el laboratorio, da como resultado el contenido total de carbono acumulado en la vegetación (en unidades de t_C/ha). Este valor, multiplicado por el factor de conversión de carbono (44/12, la relación entre los pesos moleculares del CO₂ y del C), da finalmente el contenido total de CO₂ atmosférico absorbido de la atmósfera por la biomasa:

$$CO_2 \text{ atmosférico absorbido } [t_{CO_2}/ha] = (44/12) \times C \text{ total en plantas } [t_C/ha] \quad (1)$$

³Kalra, Y. P., & Maynard, D. G. (1991). Methods manual for forest soil and plant analysis (Vol. 319).

6. Resultados y discusión

6.1 Factor de conversión de carbono en totora

Los resultados obtenidos en el laboratorio indican que, para la totora, la fracción de carbono en el peso seco en la parte aérea es 0.5438 y en la parte de la raíz es 0.3444, indicando que la mayor fracción de carbono se encuentra en la parte aérea, la que realiza la fotosíntesis. Palomino (2007), a su vez, determinó para la totora valores similares de 0.4469 en la parte aérea y 0.4665 en la parte raíz. Albrecht y Kandji (2003) indicaron que parte del carbono incorporado en la parte aérea mediante el proceso de la fotosíntesis queda fijado en la parte radicular, la cual tiene una tasa de descomposición relativamente baja respecto a la biomasa aérea. Esto difiere de los resultados del presente estudio, lo cual se puede atribuir entre otras razones al estado de contaminación al que está expuesto el humedal, limitando el desarrollo de las especies. Según Schulze et al. (2000) la capacidad varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población de cada estrato por comunidad vegetal. El IPCC menciona que el factor de carbono en la biomasa puede variar de 0.43 a 0.58. En otros sistemas, como la biomasa arbórea se ve influenciada por la edad de las plantaciones y la calidad del sitio, variando su fracción de carbono entre 0.32 y 0.40 (Cubero y Rojas, 1999). Aún es desconocida la capacidad de fijación de carbono a través de procesos bióticos por los ecosistemas forestales, y al no existir un procedimiento que lo defina con precisión, en muchas investigaciones se han encontrado diferencias según el método que se empleó para su determinación (Schulze et al., 2000; Segura, 1999).

6.2 Determinación del contenido de carbono en totora

La totora presentó un contenido total de carbono de 16.83 t_C/ha (73%) en la parte aérea y de 6.09 t_C/ha (27%) en la parte raíz. La estructura aérea de la totora almacena más carbono que la estructura radicular, en coincidencia con lo encontrado por Palomino (2007) en los humedales de Puerto Viejo, Lima.

Particularizando sobre la parte aérea, las 16.83 t_C/ha determinadas en las totoras de los humedales de Villa María son menores que las 30.65 t_C/ha que obtuvieron Yanqui et al. (2012) en un estudio realizado en el lago Chinchaycocha-Junín, lo cual pudo ser debido a que la altura promedio de la especie es mucho menor (2.36 m) en comparación con una altura de 3-4 m del lago Chinchaycocha. Palomino (2007) también obtuvo mayor contenido de carbono en la parte aérea de la biomasa, con un total de 20.1 t_C/ha en los humedales de Puerto Viejo, donde la densidad poblacional puede haber sido decisiva, ya que estos presentaron una densidad de 18.39 kg/m² en su biomasa aérea contra los 9.91 kg/m² en los humedales de Villa María.

Sobre el contenido total de carbono (partes aérea + raíz) la totora, con 22.92 t_C/ha es la de mayor contenido en los humedales de Villa María (Pérez Pinedo 2015, tesis de Maestría en evaluación, UCA Rosario). En tanto, las muestras de totora presentaron una dispersión relativamente alta. Siendo esta especie de importante aprovechamiento artesanal, se puede inferir que los artesanos realizan cosechas que sobrepasan lo permitido por año e impiden una buena redistribución del contenido de carbono en las plantas.

6.3 Captura de dióxido de carbono por el total de Villa María

Aplicando la ecuación 1, se deduce que la cantidad de dióxido de carbono atmosférico capturado por hectárea en la biomasa total de la flora de totora en los humedales de Villa María es de 84.05 t_{CO2}/ha.

En la Figura 6 se compara la captura de dióxido de carbono atmosférico total por distintas plantas herbáceas como hortícolas (incluyendo frutos) y cereales, presentando las especies de los humedales de Villa María gran capacidad de captura.

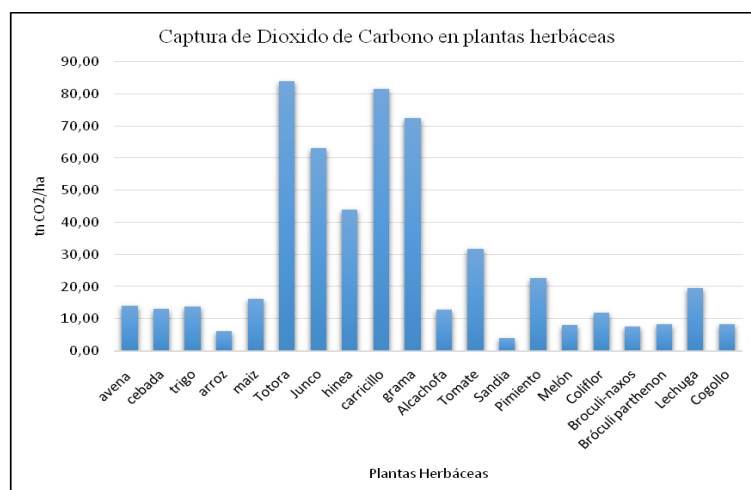


Figura 6. Captura de dióxido de carbono por distintas plantas herbáceas.

Eventualmente, la densidad poblacional de las plantas del humedal (totora, junco, hinea, grama salada, y carricillo) hace la diferencia por sobre las plantaciones de hortalizas, y respecto a los cereales porque presentan menos biomasa⁴.

6.4 Flujo anual de dióxido de carbono

El contenido total de carbono almacenado en las especies nos permite determinar el grado de captura de carbono de un sistema, pero no nos especifica la dinámica de éste. Ante esto se elaboraron los flujos anuales de captura de carbono por hectárea, considerando solo la parte aérea que es la que se regenera anualmente. Estos flujos anuales son los que expresan el dinamismo de acumulación de carbono, y es el que la comunidad internacional considera según el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se define en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto.⁵

Acorde a ello, el servicio ambiental de captura anual de CO₂ atmosférico por totora en los humedales de Villa María es de 61.70 t_{CO2}/ha/año, un valor realmente importante y comparable al determinado por Yanqui et al. (2012) por totora en el lago Chinchaycocha-Junín con 112.38 t_{CO2}/ha/año y por Palomino (2007) en los humedales de Puerto Viejo-Lima con 73.7 t_{CO2}/ha/año.

6.5 Factores que deterioran el medio ambiente del humedal

Varios factores ambientales generan efectos nocivos sobre la flora de los humedales costeros, minimizando el crecimiento de las plantas y su potencial como captadores de CO₂, entre ellos como el incremento del nivel del mar y las elevadas temperaturas causadas por el calentamiento global, estrés ambiental⁶, cambios en la salinidad del agua, precipitaciones, temperatura atmosférica y de la irradiación solar alteran la estructura y metabolismo de las plantas (Martínez-Ballesta et al., 2009). Y desde luego, el volcado de residuos y la generación de basurales alteran enormemente el frágil equilibrio natural de la región.

7. Conclusiones

- La captura de dióxido de carbono como servicio ambiental que aportan los humedales de Villa María en la biomasa de las especies más representativas y de gran valor artesanal como la totora llega hasta 84.05 t_{CO2}/ha, con un flujo anual de unos 61.7 t_{CO2}/ha/año considerando sólo la parte aérea debido a que se regenera anualmente.
- Durante el análisis que se realizó al área de los humedales se pudieron determinar muchos factores que ponen en estado de emergencia al ecosistema. Existen industrias que vierten sus efluentes al río en muchas situaciones con tuberías colapsadas. Una laguna de oxidación de efluentes cloacales en el corazón de los humedales, cuyas filtraciones afectan y contaminan, como así también la quema indiscriminada y enormes basurales.
- Las especies herbáceas de gran valor artesanal en los humedales de Villa María poseen gran servicio ambiental contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones de CO₂ gas que produce efecto invernadero y calentamiento global. Por ello, los resultados encontrados inciden sobre la necesidad de conservar este ecosistema logrando un incremento en la biomasa y por lo tanto una mayor captación de CO₂ atmosférico.
- Los humedales de Villa María también brindan medio económico, generando puestos de trabajo con el aprovechamiento de la flora terrestre, un goce social desde su punto de vista ecológico y paisajístico como zona turística.

8. Referencias

- Albrecht, A., y Kandji, S. T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, ecosystems and environment*, 99(1), 15-27.
- Aguilar, Z., Ulloa, C. U., y Hidalgo, P. (2009). Guía de plantas útiles de los páramos de Zuleta, Ecuador. *EcoCiencia*, Proyecto Páramo Andino.
- Arana, C., y Salinas, L. (2003). Flora vascular de los Humedales de Chimbote, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(2), 221-224.

⁴La Figura 6 fue adaptada los autores Carvajal (2009). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos, y Lapeyre et al, (2004) Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú.

⁵ Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las naciones unidas sobre el Cambio Climático Disponible en la página: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

⁶ Verdugo, F. F., Casasola, P., de la Lanza-Espino, G., & Hernández, C. A. El manglar, otros humedales costeros y el cambio climático. En memoria, 165.

- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934-941. Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/?paper=MF14173>
- Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba Bolivia: Editorial Nelson Antequera.
- Heiser, C. (1978). The Totorá (*Scirpus californicus*) in Ecuador and Peru. *Economic Botany*, 32(3), 222-236.
- Lapeyre, T., Alegre, J., y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 35-44. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34130206>.
- Loayza-Aguilar, R. (2002). Diagnóstico del humedal de Villa María. Chimbote Perú: Edición Instituto Ambientalista Natura. Disponible en la Biblioteca de la Universidad Nacional del Santa, área sala de investigación.
- Martínez-Ballesta, M.C., Lopez-Perez, L. Muries, B, Muñoz-Azcarate, O., Carbajal, M. (2009) Climate change and plant water balance. The role of aquaporins. *Sustainable Agricultural Reviews* (E. Lichtfouse, Ed.) Vol 2, 71-89.
- Moya, Bárbaro V.; Hernández, Ana E.; Elizalde Borrell, Héctor. (2005). Los Humedales Ante el Cambio Climático. *Investigaciones Geográficas* (Esp), Sin mes, 127-132. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17612746005>.
- Palomino C. D. (2008). Estimación del Servicio Ambiental de Captura del CO₂ en la Flora de los humedales de Puerto Viejo. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 49-59.
- Schulze, E. D., Ch. Wirt y M. Heimann. 2000. Managing forest after Kyoto. *Science* 289(5487):2058-2059.
- Segura, M. (1999). Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central de Costa Rica. *Catie*. Turrialba Costa Rica. 132 p.
- Walkley A. y Black I. (1934). An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 34: 29-38.
- Yanqui, R. M., Minaya, L. C., y Balbín, M. V. (2012). Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*, 2(2).

Páginas Web

- www.ipcc.ch
- <http://www.worldwetlandsday.org/en/>
- <http://www.publish.csiro.au/paper/MF14173.h>
- http://www.ramsar.org/lib/lib_manual2006s.htm