

**Luccini, E. ; Flores, M. ; Ramírez, K. ; Pérez Pinedo, H. ;
Herrera, L. ; Parodi, M. ; Matar, M. ; Gómez Insausti, J. ;
Barrea, L. ; Mechini, M. ; Calcagno, G.**

*Análisis comparativo de la captura y
almacenamiento de CO₂ por especies vegetales
de tres ecosistemas en Perú*

Energeia, Vol. 15, Nº 15, 2018

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:

Luccini, E. et al. Análisis comparativo de la captura y almacenamiento de CO₂ por especies vegetales de tres ecosistemas en Perú [en línea]. Energeia, 15(15), 2018. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/greenstone/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=Revistas&d=analisis-comparativo-captura-almacenamiento> [Fecha de consulta:]

Análisis comparativo de la captura y almacenamiento de CO₂ por especies vegetales nativas de tres ecosistemas en Perú

E. Luccini^{1,2}, M. Flores³, K. Ramírez³, H. Pérez Pinedo³, L. Herrera², M. Parodi^{2,4}, M. Matar^{2,4}, J. Gomez Insausti², L. Barrea^{2,4}, M. Mechni² y G. Calcagno⁵

Proyecto “Análisis de variables medioambientales y aplicaciones en el ámbito de la Ingeniería Ambiental”

¹ CONICET - Centro de Excelencia en Procesos y Productos de Córdoba (CEPROCOR). Santa María de Punilla, Córdoba.

² Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina

³ Magister egresado de la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.

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

⁵ Alumna de grado, Licenciatura en Ciencias del Ambiente, Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.

Resumen. La capacidad de captación y almacenamiento de CO₂ atmosférico por diferentes especies vegetales es un parámetro crucial a determinar ante el presente escenario de cambio climático planetario. En este trabajo se cuantifica y compara la captura y el almacenamiento de CO₂ por la flora nativa de tres regiones muy disímiles de Perú, de las cuales algunas comparten especímenes en común. Las regiones comprendidas son el humedal costero de Villa María, el Lago Titicaca en el Altiplano de Puno y la selva amazónica de Loreto. El muestreo abarca desde especies gramíneas hasta arbóreas. Se delimitaron áreas representativas ocupadas homogéneamente por cada especie donde se realizaron muestreos de campo. En la etapa de laboratorio, el contenido de carbono en la estructura vegetal se determinó prioritariamente 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”. Los valores de cantidad de dióxido de carbono capturado abarcan desde 44 t_{CO2}/ha en la especie gramínea hinea del humedal costero hasta 644 t_{CO2}/ha en árboles grandes de la selva amazónica.

Palabras clave: captura y almacenamiento de carbono - CO₂ - vegetación nativa - cambio climático - Perú

Abstract. The capacity for atmospheric CO₂ uptake and storage by different native vegetal species is a crucial parameter to determine given the present planetary climate change scenario. In this work, the CO₂ uptake and storage by native flora in three very different regions of Perú, several of them having common specimens, is quantified and compared. Spanned regions are the Villa María coastal wetland, the Titicaca Lake within the Puno Highland and the Loreto Amazonic jungle. Samples cover from grass up to trees. Representative areas were delimited, occupied mainly by homogeneous coverage of each species where field samplings were made. In the laboratory stage, 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 range from 44 t_{CO2}/ha for the grass species of hinea within the coastal wetland up to 644 t_{CO2}/ha for big trees within the Amazonia jungle.

Keywords: carbon uptake and storage - CO₂ - native vegetation - climate change - Perú

1. Introducción

Perú es un país ubicado geográficamente en latitudes tropicales, pero cuya variedad climática abarca desde el desierto de Atacama, el más árido del mundo, hasta el margen occidental de la

selva amazónica, con su consecuente amplia variedad de especies vegetales nativas, muchas de las cuales se encuentran incluidas en el listado del Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Entre sus principales funciones ambientales se cuenta la fijación de carbono asimilado de la atmósfera, mitigando así los efectos del cambio climático planetario actual (e.g. Albrecht and Kandji, 2003), causado por el incremento de dióxido de carbono (CO₂) generado por actividades humanas que ha producido un aumento de la temperatura atmosférica de aproximadamente 0.9°C respecto a los niveles preindustriales (IPCC, 2014), con sus graves consecuencias presentes y a futuro.

Como se estableció en un trabajo anterior sobre uno de tales ecosistemas de Perú (Pérez Pinedo et al, 2016), la investigación sobre captura y almacenamiento de carbono por la especie de totora en los humedales de Villa María (Perú) ha significado un valioso precedente que cuantifica tales capacidades y revaloriza la importancia de esa especie, cuya utilidad tiene incluso valor socio-económico en la región.

El presente trabajo tiene el propósito de establecer una detallada comparación entre las capacidades de captura y almacenamiento de carbono de una amplia gama de especies nativas pertenecientes a tres ecosistemas muy diversos de Perú: el mencionado humedal de Villa María, el Lago Titicaca en el Altiplano de Puno y la selva amazónica de Loreto, resultados obtenidos durante el desarrollo de tres tesis de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable de nuestra Facultad entre los años 2014 y 2016 en el marco del proyecto de investigación “Análisis de variables medioambientales y aplicaciones en el ámbito de la Ingeniería Ambiental”.

2. Regiones geográficas y especies vegetales en estudio

a) Región 1: Humedales de Villa María

Como señalan Pérez Pinedo et al (2016), los humedales de Villa María constituyen un “ecosistema marino-costero templado” cuyo régimen hídrico depende de la infiltración permanente del río Lacramarca y aguas de riego que originan cinco sistemas claramente definidos: ribereño, palustrino, estuarino, marino y artificial. Como lo muestra la figura 1-superior, 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. Las especies bajo estudio en esta región son las cinco predominantes: totora (*Schoenoplectus californicus*), junco (*Schoenoplectus americanus*), hinea (*Typha angustifolia*), carricillo (*Phragmites australis*) y grama salada (*Distichlis spicata*), las cuales tienen además un valor adicional en la producción de artesanías locales y usos muy diversos. Este trabajo constituyó la tesis del Msc. Harold Pérez Pinedo (Pérez Pinedo, 2015).

b) Región 2: Reserva Nacional del Titicaca

La Reserva Nacional del lago Titicaca posee una superficie total de 36180 ha y está ubicada en el Altiplano de Puno a una altitud promedio de 3810 m s.n.m., como se observa en la figura 1-centro. Está conformada por un área acuática, constituida por el espejo de agua del lago Titicaca con zonas litoral y pelágica, y un área continental, conformada por planicies inundables y deltas (ríos Ramis, Illpa y Coata), así como por islas, islotes y promontorios emergentes. En esta región, la especie predominante y bajo estudio es la totora (*Schoenoplectus californicus*). Además de su ciclo natural de desarrollo, y dado que constituye un recurso natural de gran importancia en la economía de las comunidades ribereñas, su temprano marchitamiento ocasiona grandes quemadas controladas entre los meses de julio y agosto, acelerando así el rebrote de la planta con la nueva temporada de lluvias. Este trabajo constituyó la tesis del Msc. Mario Flores (Flores, 2016).

c) Región 3: Selva amazónica de Loreto

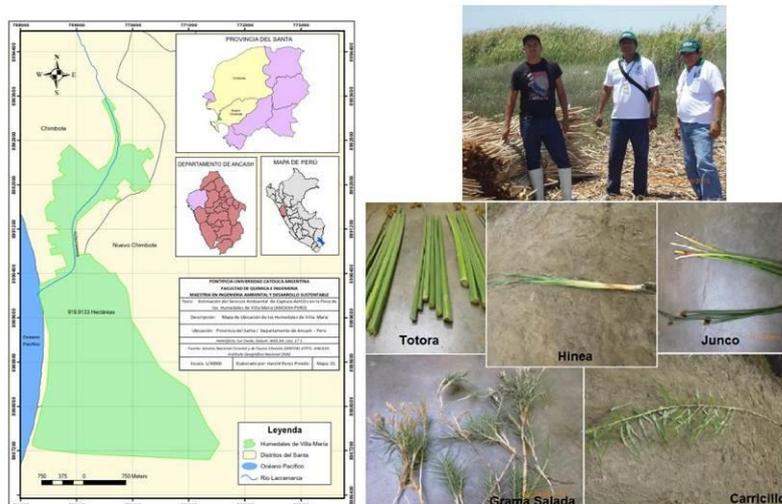
Como se señala en el informe del GoReL (2010), se pueden distinguir hasta diez tipos de bosque de la Región de Loreto, predominando el Bosque Húmedo de Colinas Bajas que ocupa el 55% del territorio regional y alberga una gran diversidad de vida vegetal y animal (INRENA, 2003). Como se observa en la figura 1-inferior, el área para el presente estudio es de 50 hectáreas en el llano amazónico de dicha selva. En esta región, el estudio se realizó sobre las 13 especies arbóreas que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Especies arbóreas incluidas en el estudio de la región selvática amazónica de Loreto, Perú.

Nombre Científico	Nombre Común	Familia
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Tornillo	Fabaceae
<i>Tapirira Guianensis Aublet</i>	Huira caspi	Anacardiaceae
<i>Ficus americana Aubl.</i>	Renaquillo	Moraceae
<i>Inga tessmannii Harms</i>	Shimbillo	Fabaceae
<i>Protium altsonii Sandwith</i>	Copal	Burseraceae
<i>Guatteria pteropus Benth.</i>	Carahuasca	Annonaceae
<i>Hymenaea courbaril L.</i>	Azúcar huayo	Fabaceae
<i>Cariniana decandra</i>	Cinta Caspi	Lecythidaceae
<i>Parkia panurensis</i>	Pashaco	Fabaceae
<i>Eschweilera Coriacea</i>	Machimango	Lecythidaceae
<i>Miconia poeppigiana</i>	Rifari	Melastomataceae
<i>Jacaranda copaia</i>	Huamanzamana	Bignoniaceae
<i>Ocotea Oblonga</i>	Pushiri Mohena	Lauraceae

Se empleó la técnica de muestreo aleatorio estratificado dentro de parcelas homogéneas, distinguiendo cuatro alternativas que cubren en alto porcentaje las variantes que se encuentran en el bosque: árboles grandes (Diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 40 cm), árboles medianos ($5 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 40 \text{ cm}$), árboles pequeños ($\text{DAP} \leq 5 \text{ cm}$) y hojarasca colectada del suelo (vegetación liberada por los árboles que se encuentra en proceso de descomposición). Este trabajo constituyó la tesis de la Msc. Kareth Ramírez (Ramírez, 2016).

Región 1: Humedales de Villa María – Harold Pérez



Región 2: Lago Titicaca – Altiplano de Puno – Mario Flores



Región 3: Selva Amazónica de Loreto - Karen Ramírez



Figura 1: Ubicación geográfica de las tres regiones de Perú donde se cuantifica en este trabajo la captura y almacenamiento de carbono, las especies vegetales nativas analizadas en cada caso y delimitación del área de trabajo. Superior: Humedales de Villa María (tesis del Msc. Harold Pérez Pinedo), Centro: Reserva Nacional del lago Titicaca (tesis del Msc. Mario Flores), Inferior: Selva amazónica de Loreto (tesis de la Msc. Karenth Ramírez).

3. Metodología

Para la cuantificación del parámetro que nos interesa en este trabajo, se realiza una asunción simplificadora válida: que todo el carbono contenido por la planta proviene de la absorción de CO₂ de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis durante su crecimiento. Para obtenerlo, se emplean una serie de minuciosos procedimientos desde el campo al laboratorio. Aquí señalaremos las generalidades de cada etapa, pudiendo recurrir a las tesis mencionadas (Pérez Pinedo, 2015; Flores, 2016; Ramírez, 2016) para la ampliación de detalles.

3.1 Metodología de campo

La labor de campo consiste en las siguientes etapas:

- Identificación de las aéreas apropiadas para la recolección de muestras, asegurando homogeneidad en la distribución de las especies bajo estudio.
- Censo de densidad de dichas especies en la región de estudio.
- Delimitación de un área testigo para la recolección de muestras (por ej. cuadrante de 1 m²).
- Obtención de las muestras de la totalidad de esa área testigo y registro del peso fresco de las mismas.
- Selección de una sub-muestra, registrando su peso fresco y colocándolo en una bolsa de papel correctamente identificada a fines de iniciar la etapa de laboratorio.

La figura 2 reseña en imágenes dicho proceso.



Figura 2. Registros fotográficos de la etapa de campo. Superior: ejemplares en cuadrante de 1 m² y selección de árbol joven en el caso de la selva. Inferior: peso en fresco de la muestra recolectada.

3.2 Metodología de laboratorio

A partir de las muestras recolectadas en campo, la labor de laboratorio consiste en las siguientes etapas:

- Secado de las sub-muestras en horno extrayendo la totalidad del agua contenida.
- Molido de las muestras secas.
- Rotulación y peso de las muestras secas molidas.
- Análisis químico para la determinación del contenido de carbono de las muestras.

Las imágenes de la figura 3 muestran en detalle cada etapa del proceso de laboratorio.



Figura 3. Detalles de cada etapa del proceso de laboratorio. Superior-izquierda: secado de muestras. Inferior-izquierda: molido y rotulación de muestras secas. Superior-derecha: registro del peso de muestras secas. Inferior-derecha: análisis químico para la determinación de la fracción de carbono en muestras a partir del análisis de laboratorio.

Finalmente, la figura 4 presenta la fórmula empleada para la determinación de la fracción de carbono en muestras a partir del análisis de laboratorio.

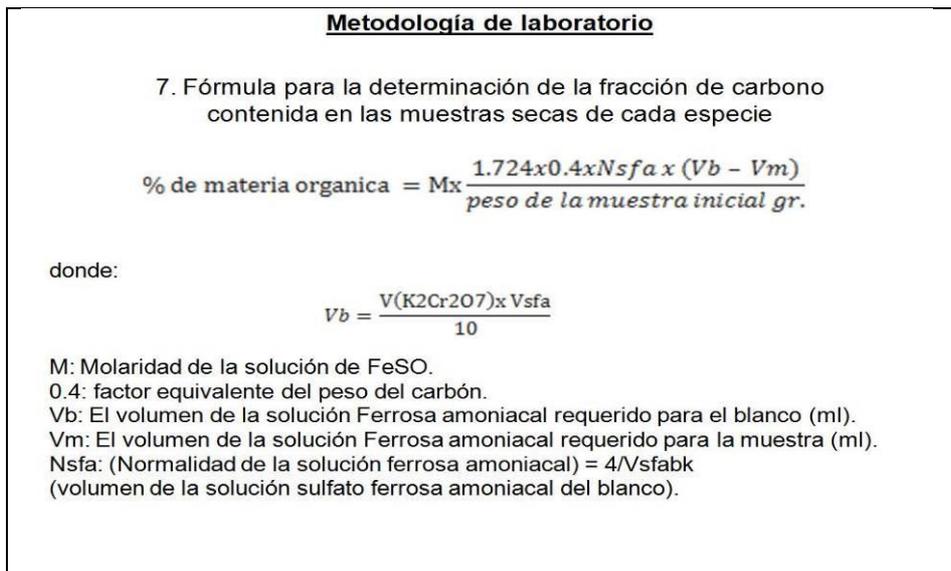


Figura 4. Fórmula empleada para la determinación de la fracción de carbono en muestras a partir del análisis de laboratorio.

3.3 Estimación de captura de dióxido de carbono atmosférico

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 CO_2 y del C), da finalmente el contenido total de CO_2 atmosférico absorbido de la atmósfera por la biomasa, tal como se observa en la figura 5.

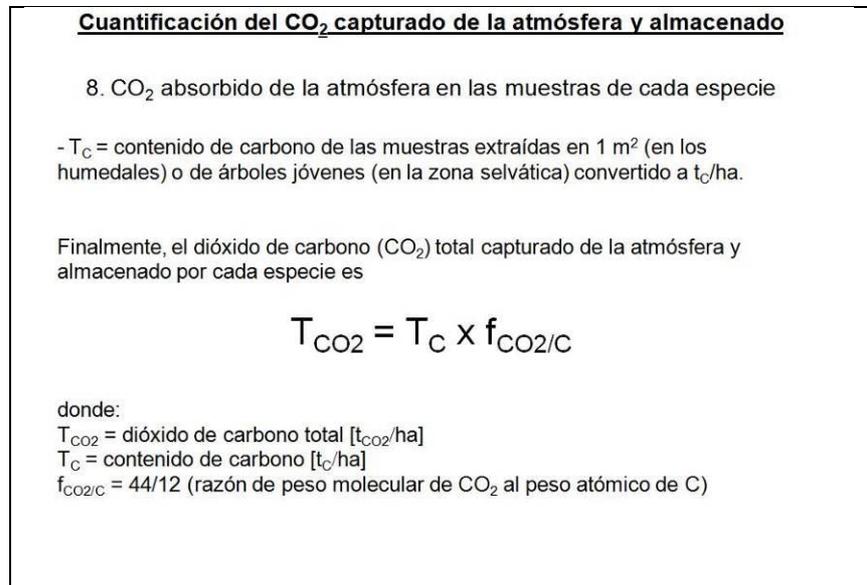


Figura 5. Detalles de la ecuación de conversión del contenido de carbono determinado en los vegetales a dióxido de carbono absorbido de la atmósfera mediante fotosíntesis durante su crecimiento.

4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de captura de dióxido de carbono por las especies vegetales analizadas en cada región se observan en detalle en la figura 6. Como es de esperarse, los árboles grandes de la amazonia peruana poseen una enorme capacidad de asimilación de CO_2 atmosférico, casi diez veces el correspondiente a especies gramíneas y de tallo abundantes en los humedales. Sin embargo, el poder de renovación que tienen estas últimas durante su ciclo anual, ya sea por factores naturales como incendios ocasionales o por factores antrópicos como la poda para uso artesanal, sumado a su rápido crecimiento, multiplica su efecto como captadores y almacenadores de CO_2 , equiparándolas con los árboles del bosque cuyo crecimiento y renovación es mucho más lenta.

En una especie en particular, la totora, es posible comparar su desempeño en dos ecosistemas radicalmente distintos. Se observa que, a valores absolutos, los totorales del humedal costero tienen una mayor capacidad de absorción de CO_2 por hectárea que aquellos típicos del humedal en la altura del Altiplano. Ello puede ser atribuible a las diferentes condiciones naturales de los ecosistemas donde se desarrollan, como la mayor amplitud térmica diaria y menor disponibilidad de oxígeno en el Altiplano. No obstante, la acción del hombre en el uso y poda de esta especie es tan intensa que serían necesarios estudios interanuales de largo plazo para establecer con rigurosidad si tal diferencia se mantiene, y sus causas. Finalmente, se debe notar que especies gramíneas de menor desarrollo y contextura, como la grama salada y el carricillo, tienen sin embargo un importante caudal de captación y almacenamiento de CO_2 , a lo cual se debe sumar su aporte crucial en la fijación de suelos, reducción de la erosión de la tierra y conservación de la humedad.

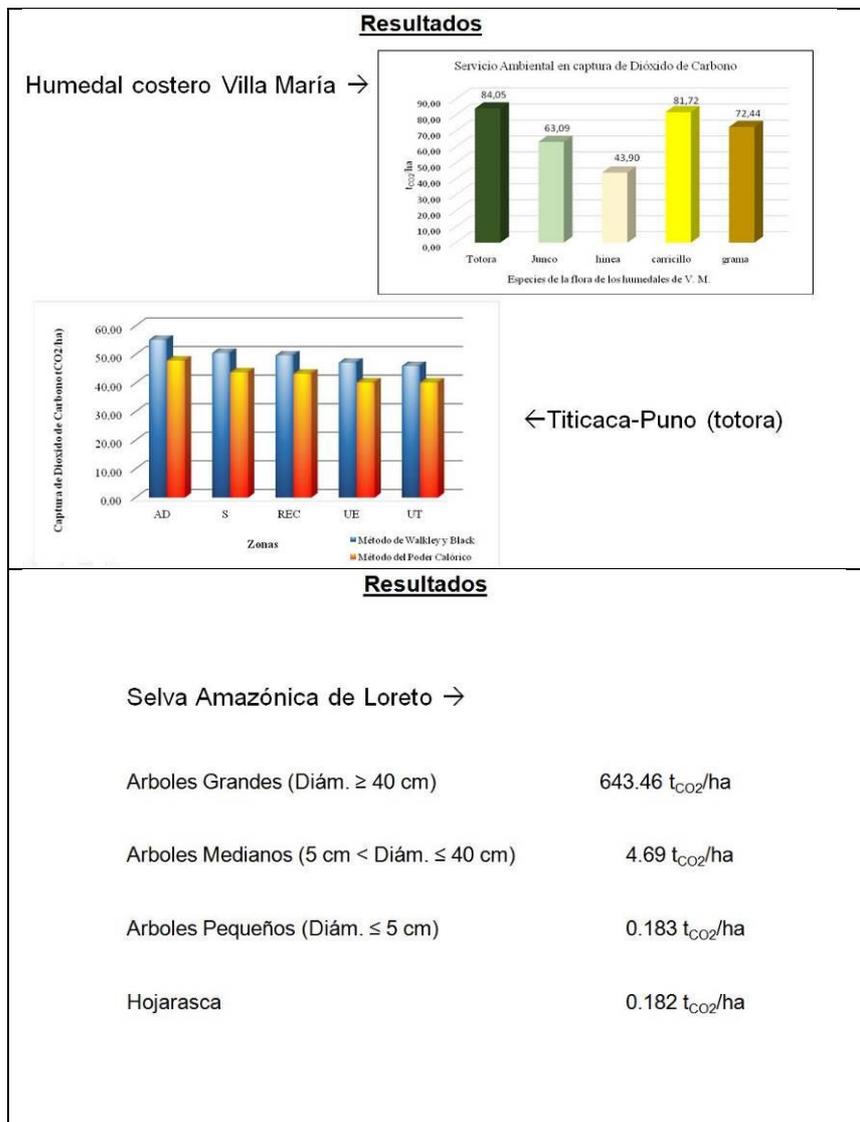


Figura 6. Captura neta de dióxido de carbono por hectárea determinada en el presente estudio por distintas especies vegetales en sus respectivas regiones.

5. Conclusiones

Este trabajo, donde se resumen los resultados de tres tesis de Maestría realizadas en nuestra Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, demuestra la validez y la importancia de sistematizar la cuantificación de la capacidad de captura y almacenamiento de CO₂ por las especies vegetales nativas en el planeta, en el presente escenario de cambio climático ocasionado por el Hombre. La visión de la captura y almacenamiento de CO₂ bajo el concepto de Servicio Ambiental, que la flora nativa del planeta brinda al Ser Humano, exalta su importancia.

Se observa que la capacidad de captura y almacenamiento de CO₂ por una misma especie, como en caso de la totora en este trabajo, puede presentar valores diferentes según el ecosistema en el cual se desarrolle, y que las causas de tales diferencias pueden ser tanto naturales como antrópicas, dado el uso intensivo que el Ser Humano da a tales especies.

Evidentemente, los árboles grandes de la región selvática presentan la mayor capacidad de captura y almacenamiento de CO₂ durante su desarrollo. Sin embargo, el rápido crecimiento y la renovación estacional de otras especies de menor envergadura, también por causas naturales o antrópicas, compensan fuertemente esas diferencias transformándolas en muy valiosas a tal efecto en sus respectivas regiones. Asimismo, es notable la capacidad de captura y almacenamiento de CO₂ de especies gramíneas respecto de otras de tallo, con mayor desarrollo, otorgándoles un valor agregado a todos los beneficios ya conocidos como de fijación del suelo, reducción de la erosión, retención de la humedad, etc.

Por sobre todo, el frágil equilibrio de la naturaleza de nuestro planeta exige el máximo cuidado y valorización del rol de las especies vegetales nativas, ya que este estudio demuestra que cada especie cumple con su determinada contribución a mitigar el incremento de efecto invernadero

causado por el Hombre, además de todos los beneficios que brindan bajo el concepto de Servicio Ambiental y equilibrio en sus respectivos ecosistemas.

La realización de las mencionadas tesis de Maestría, cuyos resultados se han presentado en este trabajo, constituye una experiencia muy valiosa en el marco de nuestro proyecto de investigación "Análisis de variables medioambientales y aplicaciones en el ámbito de la Ingeniería Ambiental", con múltiples derivaciones que se proyectan a futuro. De hecho, hay actualmente nuevos alumnos de grado y postgrado adscriptos a nuestro proyecto continuando con esta línea de investigación.

Referencias

- Albrecht A. y Kandji S. T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, ecosystems and environment*, 99(1), 15-27.
- Flores M. (2016). Estimación del servicio ambiental de captura de CO₂ en totorales de la Reserva Nacional del Titicaca-Puno (Perú). Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.
- GoReL (2010). Gobierno Regional de Loreto. Diagnostico Ambiental de la Región Loreto. <http://siar.regionloreto.gob.pe/documentos/diagnostico-ambiental-region-loreto>
- INRENA (2003). Instituto Nacional de Recursos Naturales. Bases del Concurso Público N° 004-2003-INRENA de los Bosques de Producción Permanente de Loreto. 58 p.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf
- Pérez Pinedo H., E. Luccini, L. Herrera, M. Parodi, M. Matar, L. Barrea, M. Mechni, y E. Masramón (2016). Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú. *Energeia*, Vol. 13, Nro. 13, 73-80.
- Pérez Pinedo H. (2015). Estimación del servicio ambiental de captura de CO₂ por la flora nativa de los humedales de Villa María, Perú. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.
- Ramírez K. (2016). Caracterización de especies predominantes de la flora de la región amazónica de Loreto, Perú. Servicio ambiental, captura y almacenamiento de CO₂. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable. Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.
- 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.