

Los Servicios Ecosistémicos y Capacidad de Almacenamiento de Carbono en Árboles Urbanos

Gonzalo Cervantes¹, Priscila Condezo¹, Patrick Flores¹, Lucía Montes¹, Lourdes Peña¹, Brenda Soto¹, Claudia Caro²

1: Estudiantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina

2. Profesores del Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina

Resumen:

Las personas dependen de los ecosistemas para mantener una adecuada calidad de vida. Esta dependencia es especialmente mayor en los lugares que albergan la mayor cantidad de habitantes, como ocurre en las ciudades. El cambio climático y sus efectos han puesto en relieve la importancia de mantener áreas verdes cerca de las zonas urbanas, especialmente porque aportan importantes servicios ecosistémicos (SE) que no son del todo percibidos por los habitantes. En este sentido, la presente investigación tiene por objetivo identificar los principales SE que son reconocidos por estudiantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, Perú y calcular el contenido de Carbono almacenado en los árboles del campus. Adicionalmente, este valor fue comparado con la capacidad de árboles de Arequipa para almacenar Carbono. Para la identificación de los servicios ecosistémicos se usó la técnica de fotovoz a través de la cual se identificaron como valiosos servicios aportados por los árboles: Almacenamiento de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, belleza estética, regulación del microclima, producción de oxígeno y mitigación del efecto isla de calor como los más importantes. El contenido de carbono almacenado se calculó en base a la biomasa de los árboles teniendo en cuenta datos de altura y diámetro de altura de pecho de los árboles. En los cálculos de carbono que se hicieron para los árboles frondosos de Lima los valores oscilaron entre 613.12 kg y 186732.48 kg de carbono, mientras que los valores de carbono para los árboles de Arequipa oscilaron entre 124,0 Kg y 30612,8 Kg.

Palabras clave: Biomasa, Carbono, Ciudades, DAP.

Introducción

Los árboles, definidos como plantas con un tallo leñoso elevado que se ramifican a cierta altura del suelo, contribuyen de distintas maneras al bienestar humano y al desarrollo de la sociedad. En este sentido, en los últimos años los árboles urbanos han recibido mayor reconocimiento por su contribución para mejorar la resiliencia de las ciudades (Ettinger et al., 2024). Esto es particularmente importante bajo escenarios de cambio climático

El cambio climático y sus efectos ya son bastante observables en las zonas urbanas, como por ejemplo el aumento en la frecuencia de olas de calor. Esto ha hecho que crezca también la atención sobre el estudio del rol de los árboles en las ciudades (Filho et al., 2018). Al respecto, los árboles son importantes porque ofrecen diversos servicios ecosistémicos, entre ellos se encuentran por ejemplo su capacidad para regular la precipitación y la temperatura, afectando a la disponibilidad de agua en los suelos (Suqui et al., 2021). Asimismo, los árboles influyen en

la regulación de la luz y en la productividad de los ecosistemas con un efecto en el secuestro de Carbono (Jin et al., 2022).

Sin embargo, a pesar de la importancia de los árboles para las ciudades no todas las personas son conscientes de su valor o reconocen los múltiples servicios que ofrecen. Por esta razón es que es muy común ver que se pierden áreas verdes en las ciudades para darle paso a las construcciones. Bajo esta premisa, a través de esta investigación se quiere dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

- Cuáles son los principales servicios ecosistémicos que ofrecen los árboles del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina y que son reconocidos por los estudiantes
- Cómo se relacionan el diámetro y la altura de los árboles con su capacidad para almacenar Carbono

Materiales y métodos:

Sitio de estudio:

La investigación se llevó a cabo en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de La Molina, provincia y departamento de Lima, Perú. Geográficamente, el campus está ubicado entre los 12° 05' latitud Sur y 76° 56' longitud Oeste, a 251 msnm (Móstiga & Lozada, 2019). Con un área total de 230 hectáreas (Figura 1), de las cuales, aproximadamente 33.7 has han sido consideradas para este estudio, por ser el área mayormente ocupada por la comunidad educativa. En este sentido es importante mencionar que en el campus estudian 5316 alumnos de pregrado y 1387 alumnos de posgrado, y trabajan 564 profesores y 464 administrativos. Los terrenos de la UNALM corresponden a la zona de vida «Desierto desecado subtropical» (dd-S), según Holdridge (1960). El clima se caracteriza por tener una temperatura anual promedio de 20° C y una humedad relativa promedio de 84%, con una precipitación anual de 11.9 mm (Takano & Castro, 2007). El clima es templado, con presencia de niebla de abril a diciembre que, eventualmente, produce garúa. La niebla suele disiparse a lo largo del día para dar paso a un ambiente soleado; contrariamente a las noches en las que la temperatura desciende, causando una sensación de frío, especialmente en los meses de invierno. El paisaje de la UNALM se cataloga como periurbano, con dominancia de campos de cultivo, lo que ha motivado la existencia de fuentes de agua que ocupan un total del 0.12% del área del campus, siendo a mayor parte de estas fuentes de agua pozas artificiales para la piscicultura, decoración, reservorios y canales de riego (Arnao, 2014). Entre las principales especies cultivadas en la universidad se encuentran el maíz, hortalizas y frutales; además hay zonas naturales con pastos, matorrales; áreas urbanas con construcciones y jardines, (Takano & Castro, 2007; Corrales, 2012). Las aves han sido las especies más estudiadas en el campus de la UNALM (Takano & Castro, 2007; Castillo et al., 2014). Asimismo, se ha estudiado la percepción de los estudiantes sobre los vertebrados urbanos (Corrales, 2012), pero aún poco se sabe sobre lo que piensan los estudiantes sobre sus áreas verdes y sobre los árboles que hay en el campus. El estudio resulta interesante especialmente porque el campus de la universidad alberga un jardín botánico que cuenta con aproximadamente 10 has que alberga diferentes especies de árboles de todo el país.

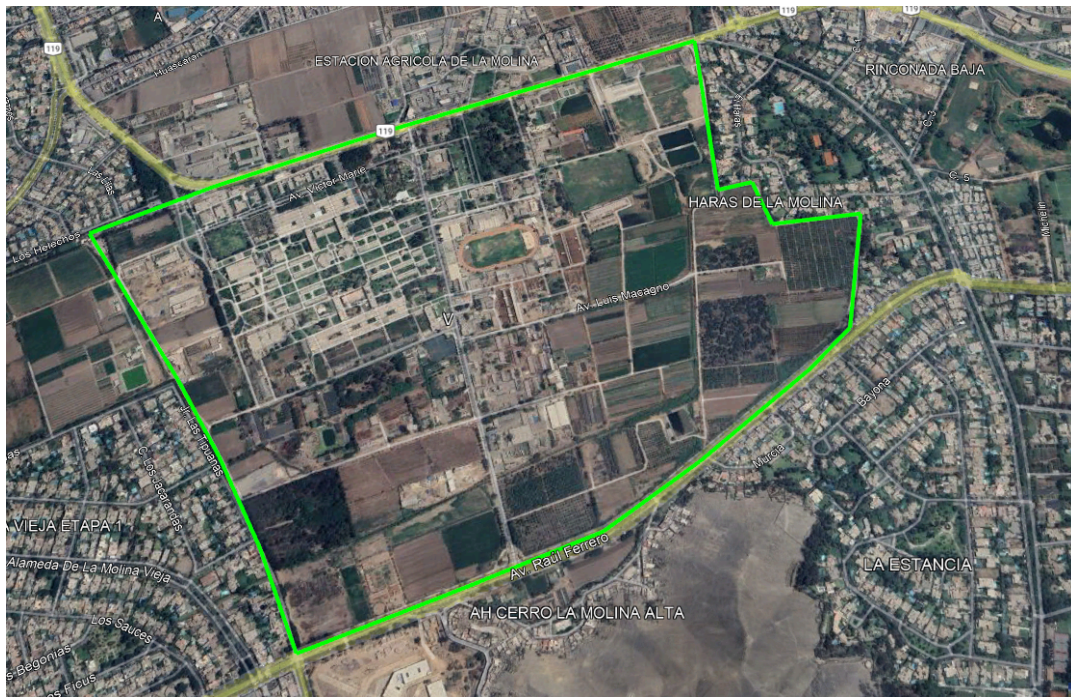


Figura 1: Universidad Nacional Agraria La Molina, señalando en amarillo el área de estudio y las cuatro zonas de estudio. Fuente: Google Earth 2024

Metodología:

Para la identificación de los servicios ecosistémicos:

Se realizó un trabajo con los estudiantes de la UNALM, utilizando la técnica de fotovoz que permite a los participantes representar a su comunidad a través de fotografías (Wang et al., 1997). En el proceso participaron 48 personas que tomaron diversas fotografías de los lugares que más les gustaban del campus, explicando el por qué. De las 48 fotografías tomadas se seleccionaron 36 imágenes que estaban relacionadas a los árboles.

Para la medición de los árboles:

Para realizar las mediciones de árboles se eligió en primer lugar el jardín botánico del campus universitario, el patio frente a la Facultad de Ciencias y los jardines anexos a los módulos de las aulas de color amarillo y turquesa. En cada uno de los sitios elegidos se seleccionaron árboles al azar para ser medidos. La medición se hizo utilizando la App de GLOBE Observer en la función Tress (GLOBE, 2024) tomando en cuenta los datos de altura del árbol y diámetro de altura de pecho con una precisión de localización de los individuos menor a 12 metros (Figura 2). En algunos casos se hizo una confirmación de las medidas utilizando el método manual para medir la altura de los árboles usando un clinómetro.



Figura 2: Medición de la altura de árboles verificando la distancia desde el observador hasta la base del árbol

Para el cálculo del carbono acumulado:

Con los datos de altura y diámetro de altura de pecho de los árboles se trabajó para poder determinar la biomasa del árbol y posteriormente su contenido de Carbono. Es importante mencionar que al no haber determinado las especies de árboles que fueron medidos se hizo una investigación bibliográfica para encontrar ecuaciones estandarizadas que permitan encontrar los valores de biomasa para un conjunto de árboles clasificados como árboles frondosos.

Para poder hacer un mejor análisis de la capacidad de los árboles para almacenar Carbono y comprobar si hay algún efecto de la altitud sobre esta variables, se hizo el cálculo de la capacidad de almacenamiento de Carbono de árboles medidos en Arequipa por la Gran Unidad Escolar Mariano Melgar y la I.E. N° 40534 Juan Manuel Guillén Benavides, Toro - La Unión del departamento de Arequipa Estos datos se obtuvieron a partir de la Advanced Data Access Tool de GLOBE. La diferencia de altitud entre los árboles ubicados en Lima y Arequipa es de 2000 metros.

1. Cálculo del volumen del árbol:

Se utilizó una fórmula específica para calcular el volumen del tronco del árbol a partir del DAP (diámetro altura pecho) y altura, propuesta por Guerreiro et al. (2021).

$V = \pi (d/2)^2 H$
d=diámetro H= altura del árbol (m)

(Ecuación 1)

2. Estimación de la biomasa del árbol :

Se utilizó el volumen total del árbol calculado y la infradensidad de la madera, la cual para especies frondosas es de 0,546 tMS/m³, siguiendo la fórmula propuesta por KEBBE (2022).

$B_a = V_t \times d_i$
B_a = biomasa aérea en toneladas de materia seca (tMS) V_t = volumen total del árbol (m ³) d_i = infradensidad de la especie (tMS/m ³)

(Ecuación 2)

3. Determinación del contenido de carbono :

Se determinó un aproximado del contenido de carbono en la biomasa del árbol haciendo uso de factores de conversión propuestos por GLOBE (2021).

- Si el árbol es de madera dura: multiplicar la biomasa de los árboles por 0.521
- Si tu árbol es un árbol de madera blanda: multiplicar la biomasa de los árboles por 0.498

Para el caso de los árboles que se midieron en este estudio, debido a que estos son de madera dura, se utilizó el factor de conversión de 0.521. La fórmula es la siguiente:

Masa de carbono = Kg x 0.521 Biomasa

(Ecuación 3)

Debido a que la fórmula de GLOBE utiliza la biomasa en kilogramos y la calculada por KEBBE está en toneladas, se realizó la correspondiente transformación de:

$$1 \text{ tonelada} = 1000 \text{ kg}$$

A partir de los valores de la masa de carbono calculada, primero se analizó el comportamiento de estos datos según la localidad de origen, de los colegios en Arequipa y de la UNALM en Lima. Luego se evaluó qué variable biométrica de los árboles DAP o altura, podría ser la más precisa para estimar la masa de carbono y así poder usarla en próximos estudios

Resumen de datos:

A continuación se presentan las evidencias del reporte de datos de los árboles medidos a la página de datos del Programa GLOBE. La Figura 3 muestra la distribución de los árboles evaluados en el campus, mientras que la Figura 4 muestra el resumen de datos tomados en la UNALM.

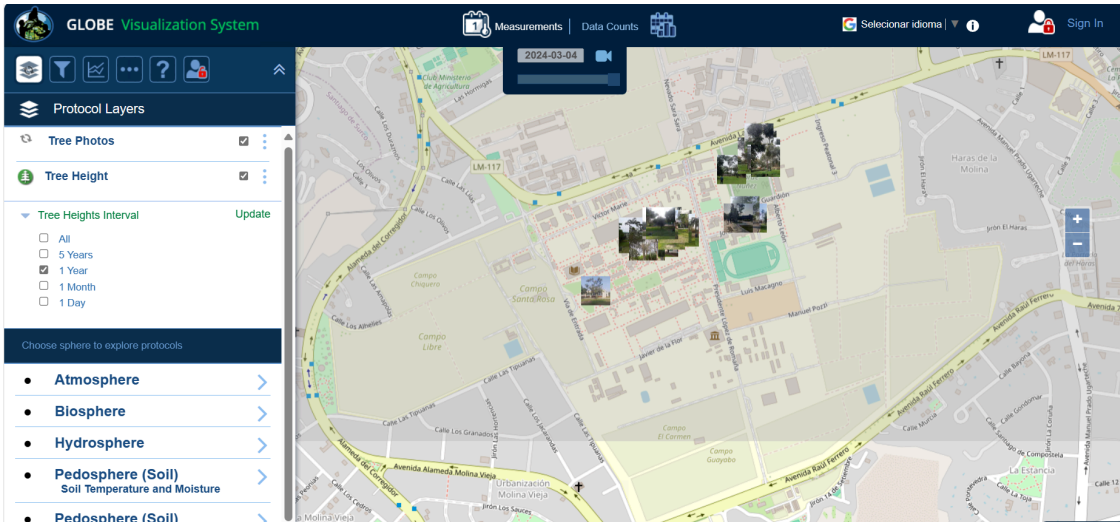


Figura 3: Mapa del Campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina con la distribución de las fotos de los árboles medidos

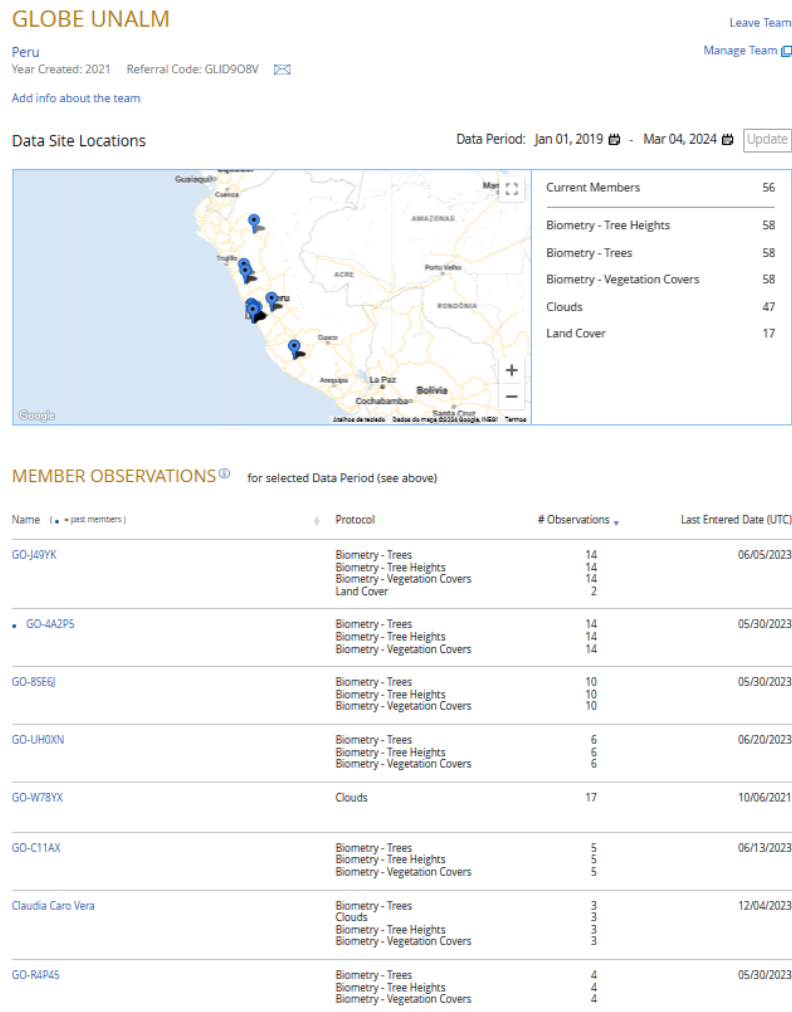


Figura 4: Resumen de datos de árboles tomados en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Resultados:

Servicios ecosistémicos relacionados a los árboles.

Las fotografías tomadas por los estudiantes permitieron identificar la presencia de dos categorías de servicios ecosistémicos. Principalmente, las respuestas estaban relacionadas con los servicios culturales, ya que los alumnos disfrutaban del paisaje, experimentaban una sensación de paz y conexión con la naturaleza y utilizaban el entorno como lugar de recreación. También se observaron servicios de regulación, ya que los árboles regulan la temperatura, por lo que el lugar es preferible por su frescor y sombra. así como en la regulación del ruido ambiental.

En general de todas las fotografías y sus descripciones se ha podido deducir los siguientes servicios ecosistémicos

- Mantenimiento de la biodiversidad
- Mantenimiento de la fertilidad del suelo
- Prevención de la erosión del suelo
- Belleza estética
- Regulación del microclima
- Reducción de los niveles de ozono
- Reducción de la contaminación acústica
- Producción de oxígeno
- Salud física y mental
- Mitigación del efecto isla de calor
- Eliminación de contaminantes atmosféricos
- Reducción de la escorrentía de aguas pluviales
- Factor clave en el ciclo de los nutrientes
- Mantenimiento de la humedad e infiltración del suelo
- Almacenamiento de carbono

Contenido de carbono

Se obtuvieron los siguientes valores de capacidad de almacenamiento de Carbono de árboles en término de masa de carbón, para Lima: Valor mínimo 613,1 Kg, primer cuartil 1535,3 Kg, mediana 5653,4 Kg, media 24935,5 Kg, tercer cuartil 21755,3 Kg y valor máximo de 186732,5 Kg.

Mientras que respecto de la masa de carbón en Arequipa: Valor mínimo 124,0 Kg, primer cuartil 397,3 Kg, mediana 1627,1 Kg, media 4970,2 Kg, tercer cuartil 5609,0 Kg y valor máximo de 30612,8 Kg.

Donde los valores superiores al tercer cuartil en Lima con 186732.5 Kg y de 30612,8 Kg en Arequipa, los cuales están graficados en el boxplot de la figura 5, estos valores resultan muy altos por las biometrías de estos árboles respecto de cada una de las muestras por cada localidad. Por lo cual también los valores de sus medias resultan mayores que sus medianas. Mientras que sus valores mínimos no se encuentran muy alejados del primer cuartil.

También se observa que los valores de capacidad de almacenamiento de las muestras de Lima son mayores que las de Arequipa.

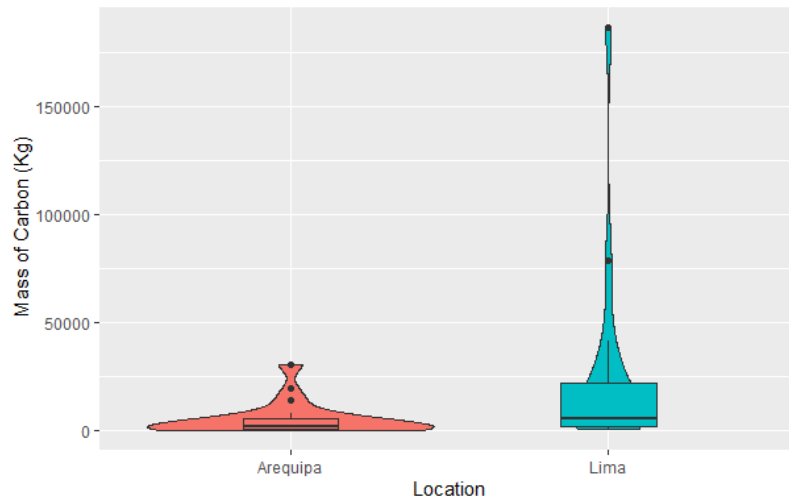


Figura 5: Masa de carbono en Kg estimado para Arequipa (color rosado) y para Lima (color celeste)

Luego se compararon los efectos de la altura y DAP de los árboles en la capacidad de los árboles para almacenar Carbono, a partir de la correlación lineal entre las variables y la masa de carbono se obtuvieron valores altos de correlación en todos los casos como se muestra en la tabla 1.

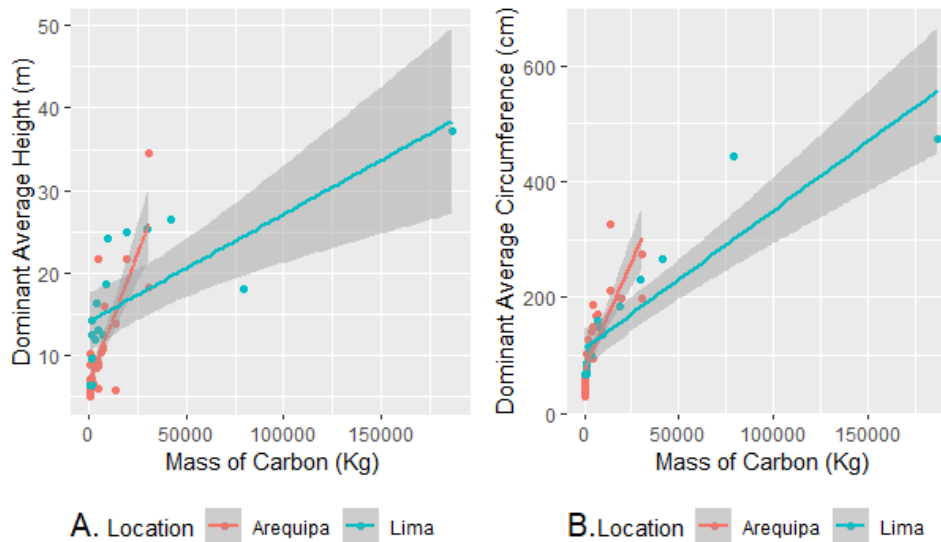


Figura 6: A. Correlación de Masa de carbono en Kg estimado con la altura de los árboles para Arequipa (color rosado) y para Lima (color celeste), B. Correlación de Masa de carbono en Kg estimado con DAP para Arequipa (color rosado) y para Lima (color celeste)

...

Tabla 1: Coeficientes de correlación lineal A. entre la altura de los árboles y la masa de carbono y B. entre DAP y masa de carbono

	A. Altura y masa de carbón		B. DAP y masa de carbón	
	Arequipa	Lima (UNALM)	Arequipa	Lima (UNALM)
Correlación lineal	0.804	0.745	0.792	0.905

Discusión:

El problema que presentamos es la falta de determinación de especies de los árboles. Al no tener esta información, tendremos que tomar un valor general para la densidad de la madera. Para Kollman y Cote (1984, citados en Panebra, 2019, p.14) , la variabilidad de la densidad de la madera se debe a diferencias en la estructura de ésta y a la presencia de factores externos. La estructura de la madera está caracterizada por los diferentes tipos de células, y en especial por el grosor de las paredes celulares. Factores genéticos, fisiológicos y mecánicos, así como factores ambientales, afectan la estructura de la madera y por ende su densidad. Por lo tanto, el utilizar un valor general puede llevar a errores en las estimaciones. Por esa razón, en la serie de ecuaciones que estamos utilizando, al considerar 0,546 tMS/m³ como el valor promedio de la densidad de la madera en especies frondosas, nuestros resultados sólo serán aproximaciones sobre el cálculo del carbono.

Es importante la presencia de los árboles, ya que estos desempeñan un papel fundamental en la provisión de muchos servicios ecosistémicos, de los cuales destaca el almacenamiento de carbono. El almacenamiento de carbono en ecosistemas naturales se da mediante el proceso de la fotosíntesis. Durante este proceso el CO₂ se transfiere de la atmósfera al tejido vegetal (Pacheco et al., 2007). De este modo, los árboles contribuyen significativamente a reducir los gases de efecto invernadero y mitigar los cambios climáticos, por ejemplo en Turín, Italia se realizó una evaluación espacial y multifuncional de redes de servicios ecosistémicos usando análisis de componentes principales, en el cual resultaba la CS, secuestro de carbono, como PC1, primer componente principal (Salata y Grillenzoni, 2021).

Los árboles de la Universidad Nacional Agraria La Molina presentan mayor capacidad de carbono que la ciudad de Arequipa, esto depende de múltiples factores entre ellos el hecho de las características físicas de los árboles, como es la altura, DAP, volumen, etc. De los datos recaudados como la tabla 1 se pudo observar que los árboles de la UNALM presentan mayor relación con el DAP que las muestras de Arequipa, mientras que para Arequipa predomina como factor la altura de los árboles, posiblemente los mayores valores altura de los árboles sean por la especies adaptadas a la condiciones climáticas y de suelo en Arequipa. En términos de cálculo se usa el valor de la biomasa para calcular la masa de carbono retenida por los árboles. Y para determinar los almacenes de carbono y otros elementos, además esta medición indicará en los bosques cuánto carbono almacenado, fijado se encuentra en el área analizada y la cantidad potencial de carbono que va ser liberado a la atmósfera. (Schlegel et al., 2001) (Brown & FAO, 1997)

Se pudo observar mayor correlación entre el diámetro de altura de pecho con la masa de carbono en Lima. Lo cual indicaría que este es un factor esencial a tener en consideración para estimar el contenido de CO₂, por otro lado el DAP es un indicador del grosor del tronco de los árboles y por lo tanto su volumen, además qué otras características cuantitativas están relacionadas con ello. Por ende este indicador principal resulta factible en la estimación del contenido del CO₂ para la UNALM. Ya que un mayor DAP está relacionado con árboles que presentan mayor tamaño y edad, así durante su proceso de fotosíntesis almacenarán y contendrán mayor CO₂. Se puede plantear para el caso de muestreo en la UNALM el cual se realizó para diferentes especies, de las cuales algunas pueden ser más longevas y con ello mayor DAP a comparación de las muestras de Arequipa, aún así queda la incertidumbre pues no se cuenta con datos de edad y especies de las muestras tanto en Arequipa como en La Molina. Estas características dasométricas revelan el estado de madurez o el tiempo que llevan sembrados los árboles, pues cuanto mayor sea el DAP, mayor es el tiempo de vida que tiene el individuo estudiado (Quiceno & Álvarez, 2016) y, por tanto, mayor será el porcentaje de carbono almacenado.

Conclusiones:

La comprensión de los servicios ecosistémicos que nos brindan los árboles en la Universidad Nacional Agraria La Molina, UNALM, por los estudiantes va desde su servicio en regular la temperatura ambiental y regulación del microclima. La apreciación que predomina es por su servicio ecosistémico cultural, que proporciona paz, sosiego, además de resguardo para actividades ya sea de ocio, recreativas, descanso para los estudiantes. También se puede reconocer otros servicios como mitigación ante el impacto del calentamiento global. Teniendo en cuenta que los árboles representan una solución muy importante ante este problema global por su capacidad natural de almacenar carbono. Para abordarlo efectivamente, es necesario identificar el indicador principal (altura del árbol ó DAP) contenido de carbono en los árboles, lo que permitirá diseñar proyectos y políticas que fomenten una inversión sostenible en la plantación de árboles ya sea en espacios Públicos como es el Campus de la UNALM o otros escenarios/Casos de estudio a considerar en futuros proyectos.

En el análisis del presente estudio, se obtuvo en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina que el DAP es un componente dominante para la obtención de almacenamiento de carbono en términos de masa de carbono en Kg, mientras que en los árboles de Arequipa presentaron mayor respuesta de la capacidad de almacenamiento de carbono con la altura del árbol. Además, a pesar de la a mayor cantidad de árboles como es en el caso de Arequipa se presentó un almacenamiento de carbono mayor comparado con Lima, que sobrepasó los valores individuales, con menores datos recopilados. Esto debido a que los valores máximos de DAP de algunos árboles de la UNALM fueron muy superiores que los valores máximos de Arequipa.

Reconocimientos/ agradecimientos:

La investigación se ha hecho contando con la colaboración de nuestra profesora Claudia Caro de la universidad que es miembro de la red STEM de GLOBE y además nos ha permitido revisar más información con la Profesora Taicia Marques de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la UNALM. Asimismo este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del Círculo de Investigación de Biometeorología y de estudiantes del curso de Ecología General del ciclo académicos 2023 - I. Además de los Estudiantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina por su participaciones en la recaudación de las fotografías Considerando los datos que hemos trabajado, para finalizar Agradecemos a la Gran Unidad Escolar Mariano Melgar de Arequipa por los datos recaudados de los árboles recopilados en la plataforma Globe y a la I.E. N° 40534 Juan Manuel Guillén Benavides, Toro - La Unión del departamento de Arequipa

Referencias/Bibliografía:

- Arnao, L., 2014. Dinámica de la estructura del paisaje del campus universitario de la Universidad Nacional Agraria La Molina desde 1970 hasta 2011. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 p
- Castillo Palacios, L; Quinteros Carlos, Z; Castañeda Córdova, L. 2014. Las Aves del Campus de la Universidad Nacional Agraria la Molina. 1992-2011. Ecol. Apl. vol.13 no.2 Lima jul./dic. 2014.
- Corrales, M. 2012. Percepción de la Comunidad Universitaria sobre los Vertebrados Urbanos en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis Título de Biólogo. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 105 p.
- Ettinger AK, Bratman GN, Carey M, Hebert R, Hill O, Kett H, Levin P, Murphy-Williams M, Wyse L. Street trees provide an opportunity to mitigate urban heat and reduce risk of high heat exposure. Sci Rep. 2024 Feb 13;14(1):3266. doi:10.1038/s41598-024-51921-y. PMID: 38351140; PMCID: PMC10864265.
- Filho, W.L.; Icaza, L.E.; Neht, A.; Klavins, M.; Morgan, E.A. Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. J. Clean. Prod. 2018, 171, 1140–1149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.086>
- Guerreiro, S. F., Da Conceição Sartori, A. A., Barbosa, F. T., Kaspary, R. M., Martins, M. S., & Marchiori, L. M. (2021). Estimativa de biomassa e carbono em floresta plantada adotando o modelo de Schumacher & Hall: estudo de caso. Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, 14(Supl. 2), 1–9. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14supl.2.e8818>
- GLOBE, 2024. Taking Trees Observations. último acceso marzo 2024. Disponible en línea en: Taking Trees Observations - GLOBE Observer - GLOBE.gov
- Holdridge L. (1960). Zonas de Vida Natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico del Perú. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Zona Andina
- Jin, J., Xiang, W., Zeng, Y. et al. 2022. Stand carbon storage and net primary production in China's subtropical secondary forests are predicted to increase by 2060. Carbon Balance Manage 17, 6. <https://doi.org/10.1186/s13021-022-00204-y>
- Kebbe. 2022. Contenidos educativos propuestos por el proyecto KEBBE. Cálculo de la biomasa, estimación del CO2 almacenado en un árbol. Último acceso marzo 2024. Disponible en línea. https://kebbe.iefc.net/wp-content/uploads/2022/03/KEBBE-B1_Secondario_2-La-importancia-del-ecosistema-forestal_A1_ES-1.pdf

- Móstiga M.J., Lozada, P.W (2019). Insectos y ácaros perjudiciales en los arboricultivos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. *Idesia* vol.37 no.1 Arica Mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000503>
- Pacheco Escalona, F. C., Aldrete, A., Gómez Guerrero, A., Fierros González, A. M., Cetina Alcalá, V. M., & Vaquera Huerta, H. (2007). Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *pinus greggii* Engelm.. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3), 251-254.
- Panebra, P.(2019). Evaluación no destructiva de la densidad en madera de plantaciones de dos especies forestales (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Salata, S.; Grillenzoni, C. (2021). A spatial evaluation of multifunctional Ecosystem Service networks using Principal Component Analysis: A case of study in Turin, Italy. *Ecological Indicators*. 127 (2021),1-13.<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107758>
- Suqui, A., Céleri, R., Crespo, P., et al., 2021. Interacciones entre índice de área foliar, densidad del dosel y precipitación efectiva de un bosque de *Polylepis reticulata* ubicado en un ecosistema de páramo. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 34(2) 2021:63-79 <https://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.04>
- Takano, F.; Castro, N. (2007). Avifauna en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima - Perú. *Ecología Aplicada*, 6 (1-2): 149-154.
- Wang C, Burris MA. Photovoice: Concept, Methodology, and Use for Participatory Needs Assessment. *Health Education & Behavior*. 1997;24(3):369-387. doi:[10.1177/109019819702400309](https://doi.org/10.1177/109019819702400309)

Optional Badges:

I AM A DATA SCIENTIST:

Hemos analizado los datos que hemos tomado y también considerado datos tomados por la Gran Unidad Escolar Mariano Melgar de Arequipa para determinar el contenido de carbono y sistematizar la información obtenida a través del uso de estadística básica.

I AM A STEM PROFESSIONAL

La investigación se ha hecho contando con la colaboración de la profesora Taicia Marques y la profesora Claudia Caro de la universidad . Además nos ha permitido revisar más información científica relacionada al Carbono

I AM A COLLABORATOR

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del Círculo de Investigación de Biometeorología y de estudiantes del curso de Ecología General del ciclo académico 2023 - I