

Estimación de la arborización necesaria en una institución académica para la reducción de la huella de carbono

Sarai Aiffe Carriles Vázquez¹, Tania Aline Calderón Govea¹, David Eduardo Dávila Molina¹

¹Preparatoria, Universidad La Salle Morelia, México

220089@ulsamorelia.edu.mx, 220071@ulsamorelia.edu.mx,
dedavilam@ulsamorelia.edu.mx

Resumen. Actualmente la Universidad La Salle Morelia enfrenta las consecuencias del cambio climático y los gases de efecto invernadero (GEI), a pesar de contar con espacios abiertos, la elevación de temperatura es sofocante, debido a la deficiencia de vegetación en la institución. El presente estudio estima la cantidad de árboles necesarios para la reducción de la huella de carbono en una institución académica tomando como referencia la “Universidad La Salle Morelia”, para dicha estimación se contabilizó la cantidad de árboles dentro de la institución separándolos con base a su estado fitosanitario y tamaño óptimo. Se calculó la cantidad de biomasa y carbono contenido, posteriormente se estimó la cantidad de huella de carbono producida en la institución tomando en cuenta factores clave como transporte, infraestructura, personal y alumnos. Además, se calculó la reducción de huella de carbono, entorno a la cantidad de árboles con la que cuenta la institución, siendo esta estimación del 11.62%, con base a estos datos, la finalidad de aumentar la reducción de huella de carbono hasta un 35%; para ello es necesario una forestación de 2200 árboles de especies endémicas, distribuidas en las diferentes áreas verdes. Se logrará contrarrestar en mayor medida los gases de efecto invernadero (GEI), que se producen actualmente en la institución, permitiendo mejorar la calidad del aire y ambiente escolar.

Palabras Clave: Huella de carbono, forestación, reducción de CO₂

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

El presente estudio, tuvo lugar en la institución académica *Universidad La Salle de Morelia*, como una necesidad de fortalecer el cuidado del medio ambiente escolar y ecológico, cumpliendo con la agenda de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como lo es “Acción por el clima”, generando una propuesta inicial de un proyecto que consta de tres etapas, siendo la primera etapa de diagnóstico y cálculos preliminares, los cuales corresponden al presente estudio de investigación. Esta primera etapa, es de vital importancia por la recolección de datos esenciales para la ejecución de las dos etapas posteriores, buscando una óptima reducción de la huella de carbono en el plantel, contribuyendo a la educación ambiental de los alumnos.

La huella de carbono es una medida del impacto de las actividades que generan la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂. Estas emisiones contribuyen al calentamiento global y al cambio climático. Los centros educativos son lugares de formación de las futuras generaciones, es crucial su papel en la reducción de la huella de carbono y creación de un futuro sostenible. Es fundamental que los centros educativos tomen medidas para reducir su huella de carbono, ya que estas instituciones tienen un gran impacto en términos de consumo de recursos naturales, generación de residuos sólidos y producción de emisiones de gases de efecto invernadero (Pérez, 2023).

Los árboles son sumideros de carbono naturales. Al plantar árboles en las escuelas, se contribuye a la captura de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, ayudando así, a la lucha contra el cambio climático. Este aspecto es especialmente importante en un momento en que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, son uno de los principales objetivos en los ODS (Ordóñez et al., 2001).

Una buena calidad de aire y un paisaje agradable con vegetación en los diversos espacios institucionales, genera un ambiente optimo y deseable, lo que contribuirá en un bienestar saludable y un mejor rendimiento académico de los alumnos, así como un ambiente laboral adecuado, para el personal docente, administrativo y de mantenimiento.

2 Objetivo

Realizar una estimación y diagnóstico sobre la cantidad necesaria de arborización en una institución académica (en este caso *Universidad La Salle Morelia*), para la reducción del impacto ambiental (huella de carbono y gases de efecto invernadero), en una proporción significativa, contribuyendo a la importancia que tiene la agenda de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como lo es “Acción por el clima” y el cuidado de la casa común. Despertando la curiosidad de futuras generaciones por el uso de aplicaciones de la ciencia en proyectos reales y que sirven para el bienestar del medio ambiente y humano, dentro de una institución.

3 Propuesta teórico-metodológica

Recolección de información primaria.

Se realizó una investigación previa a la experimentación, para llevar a cabo una recolección de datos de la manera más precisa y correcta. Se obtuvo información acerca de la cantidad de alumnos, profesores y personal administrativo entre otros, así como la cantidad de Lasallitos que operan diariamente y las rutas que realizan, con el fin de tener un panorama más preciso acerca de la dinámica diaria que se vive en la institución y tener una mirada más amplia sobre las cantidades de emisiones de GEI, generadas con cada jornada. El estudio se dividió en 3 fases, una teórica y de recolección de datos previos, una segunda fase de campo que constó de inventarios florísticos urbanos dentro de la institución y una fase de laboratorio para el estudio de muestras de madera, para la obtención de su densidad aparente, en cada una de las especies más representativas de la *Universidad La Salle Morelia*. El trabajo de campo, se caracterizó principalmente, en llevar a cabo un inventario florístico en el campus de la institución, donde se utilizaron, variable cuantitativas y cualitativas, para evaluar el estado fitosanitario de los individuos estudiados.

Definición del Área de Estudio y medición

Se delimitó el área de estudio dentro de las instalaciones de la *Universidad La Salle Morelia*, (figura 1. “mapa institucional”) con el propósito de cuantificar la cantidad de árboles presentes y evaluar su contribución en la reducción de la huella de carbono institucional. El muestreo que se llevó a cabo, para el inventario florístico, fue de tipo aleatorio, obteniendo así, 11 muestras de 4 especies diferentes que predominan en el campus. Mediante el cálculo de el volumen aéreo de madera, la biomasa y el contenido de carbono, utilizando métodos matemáticos que permitieran obtener resultados más precisos, con el fin de poder llegar a realizar propuestas de mitigación y manejo de la huella de carbono de la institución, de una manera acertada. Se establecieron los criterios de medición, considerando variables como la especie arbórea, diámetro normal (DN), altura comercial, diámetro de copa y altura total (Prodan, 1997).

Selección de la Muestra Representativa

Dado que un análisis individual de todos los árboles puede ser inviable, se empleó un muestreo aleatorio representativo basado en un porcentaje del total del arbolado, obteniendo un muestreo de los árboles con una intensidad del 12% del total existente para una mayor objetividad de resultados, tomando en cuenta los siguientes datos (en la figura 2 se aprecia la marcación de árboles muestreados).

Diámetro a la altura del pecho (DAP).

Altura total. (calculado a través de un relascopio) $hT = (\tan \alpha \times \text{distancia}) + h.\text{personal} (1.59\text{m})$

Circunferencia de copa

Distancia de copa en X (referido de este a oeste)

Distancia de copa en Y (referido de norte a sur)

Altura comercial (referido aproximadamente a metro y medio)

Porcentaje de copa. (referido por la densidad de hojas y ramas)

Estimación de la densidad de los árboles

Para determinar la densidad de los árboles fue necesario utilizar un taladro de Pressler (figura 3), ya que este nos permite extraer muestras sin dañar a dicho individuo. La muestra se tiene que pesar y medir en su estado "fresco" lo que es recién extraído (figura 4), luego se tiene que dejar en un horno especial a 103° por 24 h (figura 5), de esta manera se elimina el agua dentro de este (en su forma libre y saturada), tomando de nuevo la medida y el peso de este se puede calcular el cambio de masa y volumen, para finalmente aplicar la fórmula de la densidad. Este experimento se repitió con 11 muestras diferentes de diferentes especies:

Ficus benjamina (Higuera llorona)

Cupressus lusitánica (Cedro blanco)

Fraxinus chinensis (Fresno o Urapan)

Casuarina equisetifolia (Pino australiano)

Estimación de la Captura de Carbono

Con base en las especies identificadas y los datos recolectados, se consultaron tablas de captura de carbono para calcular la cantidad aproximada de CO₂ absorbida por el arbolado existente.

Volumen comercial (m³) $Vc = \pi r^2 \times h \text{ comercial} \times f. \text{ forma}$

Volumen total (m³) $Vt = \pi r^2 \times h \text{ total} \times f. \text{ forma}$

Biomasa de ramas (Mg ha⁻¹) $BMR = 35\% BMF$

Biomasa de hojas (Mg ha⁻¹) $BMH = 15\% BMF$

Biomasa fustal (Mg ha⁻¹) $BMF = 0.6 \times \text{volumen } T$

Biomasa total (Mg ha⁻¹) $BMT = BMR + BMH + BMF$

Carbono contenido (Mg ha⁻¹) $CC = 50\% BMT$

Una vez obtenidas todas las muestras y los parámetros necesarios, se procedió a realizar cálculos de volumen de madera, utilizando un factor de forma estándar de 0.45 para las Casuarinas y Cedros y de 0.6 para las demás especies evaluadas que son latifoliadas. La biomasa se calculó teniendo el volumen calculado y la densidad de madera de cada especie (la cual se obtuvo mediante secado en laboratorio). El contenido de carbono se calculó a partir de la biomasa y utilizando un factor de biomasa estándar de 0.5 (Grote, 2002).

4 Discusión de resultados

A continuación, en la tabla 1 se muestran los resultados promedio por individuo de las cuatro especies principales, en las categorías de grandes y medianos.

En la tabla 2 se presentan los resultados totales, obtenidos de las cuatro especies y una estimación de biomasa y carbono contenido, de los individuos de diversas especies, con alturas menores a 2 m.

El transporte escolar "Lasallitos" producen cerca de 42.24 toneladas de CO₂ al día, siendo un aproximado del 10% dentro de la institución que corresponde a 4.22 toneladas, esto significa que en un año generan 1392.6 toneladas de CO₂ en la institución. Sin embargo, los árboles de la institución captan anualmente 440 toneladas de CO₂, representando el 11.62% del total generado aproximadamente, con una desviación estándar de 0.75, una varianza de 0.088 y un error típico de 0.077.

Así mismo, los resultados obtenidos en laboratorio, acerca de la densidad de la madera para cada una de las especies, coincide con valores reportados por Gayoso (2002) y Sotomayor (2016). Los cuales estudiaron propiedades físico-mecánicas y biomasa de varias especies forestales, obteniendo resultados que varían con los nuestros, en una a dos décimas de diferencia y en casos como la Casuarina, el valor es el mismo.

La mayor cantidad de biomasa aérea se concentró en el fuste (BF), lo cual es un comportamiento que ocurre normalmente en plantaciones jóvenes (Helmisaari et al., 2002; Reed & Tomé, 1998). La biomasa aérea total para cada especie fue similar a la reportada en otros estudios, por ejemplo, al comparar el volumen y biomasa de nuestro estudio con aquellos realizados por *Gayoso et al.*, (2002) donde reportaron 30.70 y 30.04 Mg ha⁻¹ para *P. radiata* y *P. ponderosa* de 7 y 8 años, respectivamente; (Oleksyn et al., 2008) obtuvieron 33.2 Mg ha⁻¹ para *P. sylvestris* de 12 años y 9.4 Mg ha⁻¹ para *P. contorta* de 13 años (Litton et al., 2003), mientras que en este estudio se obtuvo 31.3 en *Casuarina* e. y 27.4 en *Cupressus* l.

Actualmente la *Universidad La Salle Morelia* cuenta con una reducción de la huella de carbono adecuada ya que se calcula en un porcentaje del 11.62%, sin embargo, considerando la huella de carbono que genera la institución es necesario equilibrarlo y aumentar el porcentaje de reducción, para poder aumentar este porcentaje es necesario aumentar la cantidad de árboles, teniendo en cuenta el espacio en que se pueden plantar y las condiciones en que se podrían manejar para el cuidado de los árboles, debido a la escasez de agua y la limitación de espacio, se plantea la posibilidad de un manejo y control de aguas residuales y la posibilidad de implementar una especie de alga o plantas vasculares endémicas, que ayuden a una correcta purificación de agua y del ambiente en un menor espacio. Además las reforestaciones pueden ser lineales o reemplazar la reforestación con árboles mayores y dedicar menor espacio a especies menores que pueden tener mayor efectividad en la captura de CO₂ y que sean endémicas, sin embargo para ello se requiere un estudio específico que cumplan con estas características, lo cual podría tardar años en su ocurrencia.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

En este estudio, se lograron cumplir satisfactoriamente los objetivos propuestos inicialmente, utilizando métodos matemáticos, que permitieron la evaluación y la estimación de la biomasa arbórea actual con que cuenta la institución, siendo está aceptable en términos de tratados internacionales, pero que en la hipótesis planteada, no logra ese 30% de reducción, brindando estos resultados un área de oportunidad para continuar con estudios relacionados e implementar programas de manejo y reforestación dentro de la institución que nos ayudan a mitigar mayormente los efectos de los GEI a la atmosfera.

Debido a la situación actual en el país respecto a la escasez de agua, en la cual también nos vemos afectados nosotros como institución, se busca un plan de manejo y reforestación en el cual los árboles puedan sobrevivir a las condiciones climáticas del terreno de la institución y los periodos vacacionales en los cuales no se les podría dar un cuidado adecuado, los cambios de temperatura, especies como la *Ficus benjamina* (Higuera llorona), *Cupressus lusitánica* (Cedro blanco), *Fraxinus chinensis* (Fresno o Urapan) Y *Casuarina equisetifolia* (Pino australiano) han demostrado ser aptas para soportar dichas condiciones.

Este estudio, marca un inicio en el interés por querer mejorar a nivel institucional, en términos de ser eco amigables, poder transmitir esa cultura de un bienestar con un ambiente más sano, con más ganas de conocimiento y aplicación de las teorías adquiridas en los salones de clase, en situaciones que son de impacto comunitario y ambiental, sean un referente para estas y las futuras generaciones que son responsables de nuestro entorno y principalmente el cuidado de la casa común.

6 Agradecimientos

Las autoras Sarai Carriles y Tania Calderón agradecen especialmente al asesor el Dr. David Dávila por su apoyo y guía a lo largo de este proyecto, igualmente agradecer a la *Universidad La Salle Morelia*, a los directivos al rector el Dr. Víctor Manuel López y al director de preparatoria el Mtro. Luis Manuel Alejo, así como el personal administrativo por facilitarnos la información necesaria para llevar a cabo este proyecto, de igual manera al comité organizador CLIDi 2025 por el apoyo brindado y permitirnos la oportunidad de participar este gran evento, finalmente agradecemos a familia y amigos por el apoyo brindado para poder llevar a cabo este proyecto.

7 Referencias

1. Bello-González, M. Á., Hernández-Muñoz, S., Lara-Chávez, B. N., & Salgado-Garciglia, R. (2015). Redalyc. Plantas útiles de la comunidad indígena nuevo san juan parangaricutiro, michoacán, México. Polibotánica, 39, 175–215.
2. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n39/n39a10.pdf>
3. Burns, Wil C. G.; y Andrew L. Strauss, comps. (2013). Climate change geoengineering: philosophical perspectives, legal issues, and governance frameworks. Cambridge: Cambridge University Press,
4. Carrillo Anzures, F., Acosta Mireles, M., Jiménez Cruz, C., González Molina, L., & Etchevers COFOM. (2007). Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán 2030.
5. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/182Programa%20Estrat%C3%A9gico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Michoacan%20Tomo%20I.pdf>
6. Dryzek, John S.; Richard B. Norgaard; y David Schlosberg, comps. (2011). Oxford handbook of climate change and society. Reino Unido: Oxford University Press.
7. Flannery, Tim F. (2008). El clima está en nuestras manos: historia del calentamiento global. México: Taurus.
8. Foster, John Bellamy. (2010). The ecological rift: capitalism's war on the earth. Nueva York: Monthly Review Press.
9. Gayoso, J. (2001). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Revista Forestal Iberoamericana, 1(1), 1–13.

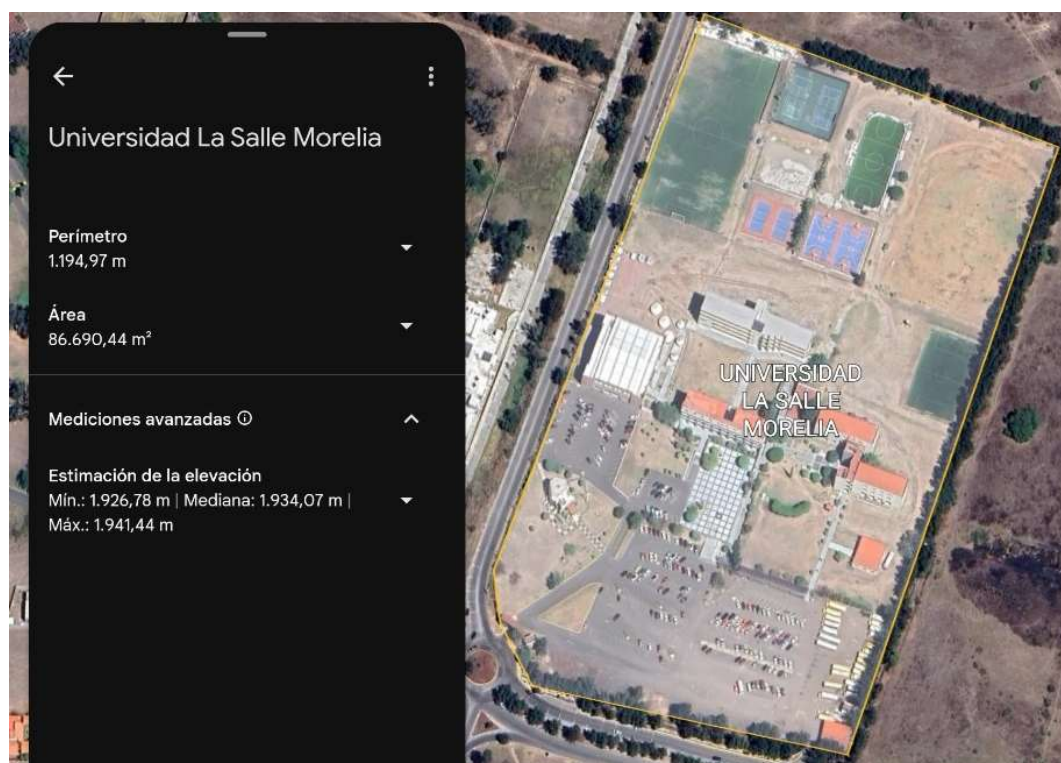


Figura 1. Vista área de la Universidad La Salle Morelia. Google Earth 2025.



Figura 2. Marca de un árbol donde se obtuvo muestra y tamaño, de la Universidad La Salle Morelia. Imagen de autoría propia.



Figura 3. Proceso de extracción de Muestra, ULSA Morelia. Imagen de autoría propia.



Figura 4. Muestra obtenida de la perforación de árbol, ULSA Morelia.
Imagen de autoría propia.



Figura 5. Proceso del secado de Muestras, ULSA Morelia (Laborat.). Imagen de autoría propia

Tabla 1. Resultados promedio, por individuo de diámetro normal, volumen, densidad, biomasa y carbono contenido

Tamaño	Especie	NC	DN (m)	VT (m3)	D (gr/cm3)	BMT prom	CC prom
Grande	Casuarinas	<i>Casuarina equisetifolia</i>	0.321	0.798	0.6	0.479	0.240
Grande	Cedro blanco	<i>Cupressus lusitanica</i>	0.358	0.507	0.58	0.294	0.147
Mediano	Ficus	<i>Ficus benjamina</i> L.	0.24	0.228	0.47	0.107	0.053
Mediano	Uruapan	<i>Fraxinus uhdei</i>	0.222	0.217	0.49	0.106	0.053

Tabla 2. Resultados totales obtenidos para las tres categorías (grandes, medianos y pequeños).

Tamaño	Especie	NC	VT (m3)	BMT	CC prom
Grande	Casuarinas	<i>Casuarina equisetifolia</i>	510.958	306.575	153.287
Grande	Cedro blanco	<i>Cupressus lusitanica</i>	20.273	11.758	5.879
Mediano	Ficus	<i>Ficus benjamina</i> L.	12.516	5.882	2.941
Mediano	Uruapan	<i>Fraxinus uhdei</i>	6.085	2.982	1.491
Pequeños	Diversos	Sps	4.73	1.892	0.946