



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Departamento El Hombre y su Ambiente
Licenciatura en Biología

Informe de Servicio Social
por Actividades Relacionadas con la Profesión

Para obtener el grado de Licenciado en Biología

Proyectos de la Agenda Verde

Que presenta el alumno

Luis Enrique De La Luz Miranda
(matrícula: 2202042280)

Asesor Externo

Hbiól. Oscar León Morales 5686830
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Asesora Interna

Dra. María Teresa Núñez Cardona (No. Económico 14473)
Departamento Del Hombre y su Ambiente,
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

Ciudad de México, octubre 15 de 2025

Nombre de la actividad: Proyectos de la Agenda Verde.

a) Lugar de realización del Servicio Social: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Blvd. Adolfo Ruiz Cortines No. 4209, Col. Jardines de la Montaña, 14210 Tlalpan, Ciudad de México.

b) Marco institucional:

- Misión: Generar e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, preservación y restauración ecológica, crecimiento verde, así como la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Visión: Consolidar el liderazgo del Instituto en la generación e integración de conocimiento científico y tecnológico, como referente nacional e internacional, que contribuye a la toma de decisiones, formulación, conducción y evaluación de políticas en las materias de ecología y cambio climático.
- Objetivos: Proporcionar investigación técnica y científica en materia de ecología y cambio climático, para apoyar la toma de decisiones para establecer políticas en materia de cambio climático.

I. Introducción

En la actualidad, uno de los temas de mayor relevancia a nivel mundial, es el cambio climático, debido al crecimiento desmedido de las ciudades, que implica el incremento de consumo de combustibles convencionales, mayor demanda en el consumo eléctrico, así como cambios de uso de suelo, principalmente en terrenos forestales, lo que representa una de las principales causas de la deforestación; además de la quema de bosques y selvas, generando un incremento significativo en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, de origen tanto natural como antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (Catalán, 2021).

En la atmósfera, los principales GEI son: el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3), además de gases creados por actividades humanas como los halocarbonos, hexafluoruro de azufre (SF_6), los

hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC), entre otros (Ballesteros y Aristizabal, 2007; Morán-Villa, 2022).

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2022 (INECC, 2024), la quema de biomasa, tanto forestal como agrícola, es una de las actividades que aumenta los niveles de emisiones de GEI. Las emisiones por quema de biomasa corresponden a la categoría 3C1 de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, y esta se divide en cuatro subcategorías: [3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales, [3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo, [3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas y [3C1d] Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras. Estas emisiones contribuyen al cambio climático, al liberar gases como son: el CO₂, CH₄ y N₂O, entender la magnitud e impacto de estas emisiones permite establecer medidas y acciones para la reducción y mitigación de estos contaminantes.

Evidencia científica muestran una asociación positiva entre las emisiones de GEI con un aumento de la temperatura media del planeta, el aumento de esta temperatura genera cambios en el clima global, como son las modificaciones en los patrones de precipitación, incremento del nivel del mar, cambios en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos, entre otros (Catalán, 2021). Para reducir estos efectos es necesario tomar acciones efectivas que sean sustentables y donde se fortalezca la producción de alimentos a través de proyectos agroforestales (Cetina-Batún, 2023).

Los sistemas agroforestales se definen como la combinación de cultivos agrícolas con árboles frutales o maderables con el fin de incrementar la diversidad y la producción de alimentos, donde el ser humano resulte con beneficios económicos, además de mejorar la fertilidad del lugar, la restauración de suelos erosionados, proporcionando un suelo más productivo y sustentable, ayudan al secuestro de carbono, a la conservación de biodiversidad, reciclaje de nutrientes, entre otros; por todo ello, hay que resaltar la importancia de los sistemas agroforestales que brindan beneficios a corto, mediano y largo plazo (Marroquín-Morales et al., 2024; Mena-Jiménez, et al., 2024)

En México existen diversos proyectos vinculados al sector agroforestal, entre ellos el Programa Sembrando Vida (PSV), cuyo objetivo principal es reducir la degradación ambiental mediante la implementación de sistemas agroforestales (Marroquín-Morales et al., 2024). Este programa ha sido reconocido como una de las nuevas estrategias incorporadas en la actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de México para enfrentar el cambio climático (INECC, 2024). Hasta el año 2024, el PSV alcanzó una cobertura en 24 entidades federativas y promovió la

recuperación de la cobertura forestal en aproximadamente 1,139,372 hectáreas. Además, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) estimó una mitigación acumulada de 7.45 millones de toneladas de CO₂ en el periodo comprendido entre 2019 y 2022.

La adopción de proyectos agroforestales contribuye a la mitigación de GEI, siendo estos un gran potencial de sumideros de carbono, mediante el secuestro de carbono aéreo y del suelo, por ejemplo, en los plantíos de cacao en Tabasco en los cuales, los árboles más jóvenes tienen una mayor acumulación de C y N, así como mayor captación en el reciclaje de nutrientes en comparación con los árboles de mayor edad también, se observó que el árbol de cacao captura grandes cantidades de carbono al ser un árbol leñoso y pudiera ser utilizado como una herramienta para la mitigación del cambio climático, además, de generar productos y servicios extras a la comunidad (Morán-Villa, 2022).

Actualmente la humanidad enfrenta crisis por la inadecuada distribución de alimentos, degradación de suelos, aumento de temperaturas, niveles altos de contaminantes, etc., ante este escenario y como objetivo de este servicio social es evaluar proyectos sostenibles que satisfagan las necesidades humanas y a la vez ayuden a la mitigación de contaminantes para el mejoramiento de la calidad del aire, sin comprometer la estructura de otros ecosistemas.

II. Objetivo General

Realizar actividades orientadas a la aplicación de metodologías para la estimación de las emisiones gases y compuestos de efecto invernadero del sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) y estimación de la mitigación por medidas de soluciones basadas en la naturaleza.

III. Objetivos Particulares

- Estimar las emisiones de GEI para las categorías 3C1a, 3C1b y 3C1c de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, su Refinamiento 2019 y criterios técnicos del INEGYCEI.
- Apoyar en la búsqueda de ecuaciones alométricas y datos dasométricos específicos para especies forestales y agroforestales.

- Estimar el potencial de mitigación de GEI en proyectos agroforestales para su integración en las metas nacionales del sector AFOLU.

IV. Metodología

La recopilación de datos se basó en información oficial, tales como estadísticas de Instituciones federales, artículos científicos, e Inventarios Nacionales de GEI y forestales para obtener datos de actividad para la categoría 3C1 y sus subcategorías (3C1a, 3C1b, 3C1c), para posteriormente, estimar las emisiones de dichas categorías con base en las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2006 y su Refinamiento 2019, así como de los supuestos técnicos utilizados en el Inventario Nacional de Emisiones y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI). Para conocer la absorción de GEI por el sector agroforestal se utilizaron ecuaciones alométricas y datos dasométricos que se basaron en la revisión de literatura científica especializada y en la metodología anteriormente mencionada.

V. Actividades realizadas

Las actividades desarrolladas durante el semestre del servicio social que se realizó en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se enfocaron principalmente en la estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en la categoría 3C1 que se relaciona con las emisiones generadas por la quema de biomasa, y, en estimar la mitigación de CO₂ y captura de carbono mediante sistemas agroforestales, en el cual, pude dividir el proceso del servicio social en tres actividades principales:

1. Recopilación de información

Los primeros meses se enfocó en la recopilación de información para estimar los GEI de la categoría 3C1, para lo cual se consultaron diferentes materiales de apoyo entre ellos informes finales del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, Informes de Cambio Climático, y, como base principal, se consultó las metodologías de las Directrices del IPCC 2006 y su Refinamiento (2019) para la estimación de gases de efecto invernadero de la categoría 3C1 y sus subcategorías (3C1a, 3C1b y 3C1c).

Posteriormente, se consultó el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFiS) correspondiente al periodo 2019-2024 para la recopilación de especies de árboles registradas por año, y de estas especies se seleccionaron 18 prioritarias

maderables como: Caoba (*Swietenia macrophylla*), Cedro (*Cedrela odorata*), Palo de rosa (*Tabebuia rosea*), etc, y frutales como: Guanabana (*Annona muricata*), Cacao (*Theobroma cacao*), Café (*Coffea arabica*) entre otras (tabla I), las cuales cuentan con una importancia ecológica y económica a nivel local e industrial, estas especies fueron seleccionadas con base en su potencial de captura de carbono, mismas que la institución proporcionó.

Finalmente, se realizó una búsqueda de literatura científica y técnica para determinar un seguimiento anual de los datos dasométricos (diámetro y altura) de las especies por lo menos de los primeros cinco años de crecimiento de las especies seleccionadas, para ello se utilizó un filtro en la recolección de datos de acuerdo al lugar de la investigación, teniendo en cuenta los siguientes niveles: Regional, Nacional, Centro América, y por último cualquier dato internacional, con las que se elaboró una matriz de datos (base de datos), para las actividades que se indican en los párrafos siguientes.

Tabla I. Especies vegetales utilizadas para las proyecciones de diámetro, altura, biomasa, captura de carbono y absorción de CO₂.

N.	Especie	Nombre común
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba
2	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro
3	<i>Gliricidia sepium</i>	Cocohite, Cacahunanche
4	<i>Tabebuia rosea</i>	Macuilis, Palo de rosa, Cachahua
5	<i>Annona muricata</i>	Guanábana
6	<i>Citrus × aurantium</i>	Naranjaagría
7	<i>Bixa orellana</i>	Achiote
8	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao
9	<i>Coffea arabica</i>	Café arábica
10	<i>Coffea canephora</i>	Café robusta
11	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Canela
12	<i>Swietenia humilis</i>	Caobilla
13	<i>Caesalpinia platyloba</i>	Chacte-Viga, Coral
14	<i>Croton draco</i>	Palo sangre
15	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon o capomo, Ojite
16	<i>Haematoxylum campechianum</i>	Tinto
17	<i>Persea americana</i>	Aguacate
18	<i>Prunus persica</i>	Durazno

2. Análisis de datos

Para el análisis de datos, por cuestiones y objetivos de la Institución, se inició el análisis con las especies arbóreas, una vez con la base de datos del diámetro y altura de las especies, se trabajó con la implementación de dos modelos de crecimiento: 1) Modelo de Gompertz y 2) Modelo Logístico (ecuaciones 17 y 18, tabla II) que se ajustaron de acuerdo con el tipo de crecimiento de la especie y

así proyectar el crecimiento de diámetro y altura a largo plazo, en este caso se realizó una estimación de 40 años. Una vez que se obtuvo la predicción de la altura y diámetro de los 40 años, se aplicaron fórmulas matemáticas para calcular la biomasa aérea, biomasa subterránea y biomasa total (ecuación 19, 20, 21 y 22, tabla II).

Una vez teniendo la biomasa total se procedió a calcular la captura de carbono (ecuación 23, tabla II) y por último calcular la absorción de CO_2 (ecuación 24, tabla II). Cabe destacar que este procedimiento se desarrolló por los 40 años estimados y para las 18 especies prioritarias que se proporcionaron.

Acabando dicha actividad, se siguió con la estimación de GEI para la categoría 3C1 y sus subcategorías, para las subcategorías 3C1a y 3C1c se estimaron para los años 2023 y 2024, para lo cual se tuvo que consultar la base de datos del Concentrado Nacional de Incendios Forestales y descargar la estadística de dichos años. Posteriormente se realizó una clasificación de los incendios de acuerdo a las categorías y claves del INECC para después realizar las estimaciones de GEI en una base de datos de Excel proporcionado por la Institución donde se calcularon los siguientes gases: dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Monóxido de carbono (CO), Óxido nitroso (N_2O) y Óxidos de nitrógeno (NO_x) de cuatro diferentes emisiones por componente vegetal: Capa de fermentación, hojas < 7.5, hojas > 7.5, hierbas y arbustos (ecuación 10, Anexo II), para finalmente obtener la sumar total de emisiones de cada uno de los gases (ecuación 11, tabla II), también se realizó una estimación para biomasa quemada por cobertura y emisiones por cobertura (ecuación 14 y 15, tabla II), así como para el carbono negro (BC) y material particulado (ecuación 12 y 13, tabla II), este procedimiento se repitió para los 35 tipos de cobertura vegetal que maneja la institución.

Para la subcategoría 3C1b que representa la quema de cultivos, se realizó una estimación para los años 2018 y 2019, para esto se consultó el cierre agrícola por municipio de dichos años obtenido de la base de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), las estimaciones no se realizaron para todos los cultivos registrados, solo, se hizo una revisión y clasificación de cultivos de acuerdo a las categorías proporcionadas que incluyó: cereales, leguminosas, oleaginosas y caña de azúcar, de estas se estimó la biomasa disponible, biomasa por hectárea, biomasa quemada, emisiones por biomasa, emisiones por contaminante, conversión de CO_2 equivalente, emisiones de CH_4 , así como la estimación de los gases CH_4 , CO,

BC, N₂O y NO_x (ecuación 1-9, tabla II) para esta subcategoría. Cabe recalcar que todos los cálculos se realizaron en el software hojas de cálculo Excel.

Tabla II. Ecuaciones utilizadas para los cálculos de las estimaciones realizadas durante el Servicio Social.

Apartado	Uso	Ecuación	Referencia
3C1b	1.Biomasa Disponible	$BD = V \cdot D$	IPCC (2006) y IPCC (2019)
	2.Biomasa por hectárea	$BD/ha = \sum BD_i / Area$	
	3.Biomasa quemada	$BQ = BD \cdot FC$	
	4.Emisiones por biomasa	$E = BQ \cdot FE \cdot CE$	
	5.Biomasa recalculada	$BQ = BD \cdot FC$	
	6.Emisiones por contaminantes	$ECO_2 = BQ \cdot FECO_2 \cdot CE$	
	7.Conversión a CO ₂ equivalente	$CO_{2eq} = ECH_4 \cdot GWPC_{CH_4} + EN_2O \cdot GWPN_2O + ECO_2$	
	8.Emisiones de CH ₄ por descomposición	$CH_4 = \sum x = 1n(Wx \cdot DOC \cdot DOCf \cdot MCF \cdot F \cdot (1-OX) \cdot e^{-k(t-x)})$	
	9.Emisiones de CH ₄ simplificadas	$CH_4 = W \cdot DOC \cdot DOCf \cdot MCF \cdot F \cdot (1-R) \cdot (1-OX)$	
3C1a y 3C1c	10.Emisiones por componente vegetal	$Ex = Bx \cdot FC \cdot FE_x \cdot CE$	IPCC (2006) y IPCC (2019)
	11.Total de emisiones	$E_{total} = \sum Ei = E_{fer} + E_{MLC < 7.5} + E_{MLC > 7.5} + E_{hierbas} + E_{arbustos}$	
	12.Material Particulado	$EPM = B_{total} \cdot FC \cdot FEPM \cdot CE$	
	13.Carbono Negro	$ECN = B \cdot FC \cdot FECN \cdot CE$	
	14.Biomasa quemada por cobertura vegetal	$B = A \cdot C$	
	15.Emisiones totales por cobertura	$E_{total} = \sum E_{gas}$	
Crecimiento alométrico forestal	16.Ecuación Logarítmica	$y = a \cdot \ln(x) + b$	Nair et al. (2021)
	17.Ecuación Gompertz	$y = a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot x))$	Nobile et al. (1982)
Biomasa	18.Biomasa aérea (BA)	$BA = \exp(-2.187 + 0.916 \times \ln(C \times DAP^2 \times Altura))$	Chave et al. (2005)
	19.Biomasa subterránea plantúlas (BS)	$BS = \exp(-1.0587 + 0.8836 \times \ln(BA))$	IPCC (2003) y Picard et al. (2012)
	20.Biomasa subterránea adulto (BS)	$BS = \exp(-1.0587) + 0.8836 \times \ln(BA)$	Cairns et al. (1997)
	21.Biomasa total (BT)	$BT = BA + BS$	-
	22.Captura de Carbono (C)	$C = BT \cdot 0.5$	Santosa, et al., (2020)
Mitigación	23.Absorción de CO ₂	$CO_2 = C \cdot (44 / 12)$	

3. Entrega de datos para su revisión y aprobación.

Al terminar los análisis y estimaciones, fueron entregados los resultados de los cálculos para su revisión, si el procedimiento y los resultados eran aprobados se continuaba con el siguiente cálculo y en los casos donde el resultado no era coherente se volvía a trabajar y a revisar el procedimiento, y, así sucesivamente hasta terminar con los cálculos de los objetivos antes mencionados.

VI. Metas alcanzadas.

Durante el periodo de este Servicio Social se logró cumplir satisfactoriamente con los objetivos establecidos mediante el desarrollo de actividades técnicas y analíticas enfocadas a la estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en la evaluación de la mitigación potencial de CO₂ de los sistemas agroforestales.

Se realizó la estimación de emisiones de GEI que corresponden a la categoría 3C1 y sus subcategorías, contribuyendo así a la actualización del Inventario Nacional de Emisiones y Compuestos de Efecto Invernadero (INECYCEI).

Asimismo, se apoyó en la búsqueda y análisis de ecuaciones alométricas y datos dasométricos para 18 especies forestales y agroforestales prioritarias. Esta actividad permitió construir una matriz de datos de crecimiento de diámetro y altura implementando modelos de crecimiento para predecir el desarrollo de las especies a lo largo de 40 años. Estos datos son fundamentales para la estimación de biomasa aérea, biomasa subterránea y biomasa total, así como la captura de carbono y absorción de CO₂.

Los resultados obtenidos permitirán la evaluación del potencial de mitigación de futuros proyectos agroforestales como estrategias para la reducción de GEI, sirviendo como filtro o base técnica para el cumplimiento de metas estatales o nacionales según el marco del sector Uso de la tierra, cambio de usos de la tierra y silvicultura (UTCUTS), además, la estructura de la base de datos facilita la comparación entre las especies que capturan más CO₂, lo que permite diseñar estrategias de restauración, mitigación climática, productividad o compensación de emisiones, etc.

Por ejemplo, en escenarios de compensación, es posible seleccionar una especie y el año de proyección deseado, y se multiplica la captura de carbono o absorción de CO₂ por el número de individuos a plantar por hectárea, y por la superficie total a reforestar. Esto genera una estimación técnica del proyecto para la captura y absorción de CO₂.

Desde una perspectiva personal, las actividades del servicio social se presentaron como una oportunidad y a la vez un desafío para aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación académica, además de desarrollar nuevas habilidades tanto de búsqueda de información, técnicas y analíticas para el procesamiento de datos y su representación visual, así como la comprensión coherente de los mismos para la toma de decisiones ambientales.

VI. Resultados y conclusiones

Se logró la estimación de emisiones de GEI para la categoría 3C1 y sus subcategorías, aplicando las metodologías establecidas por las directrices de IPCC 2006 y su refinamiento 2019, así como los criterios técnicos de la institución para la aprobación y actualización del INEGYCEI, ya que los datos serán incluidos en su próxima actualización.

También se construyó una matriz de crecimiento para las 18 especies prioritarias trabajando con datos dasométricos, ecuaciones alométricas y modelos de crecimiento, para desarrollar una proyección de diámetros y alturas durante 40 años (Fig. I).

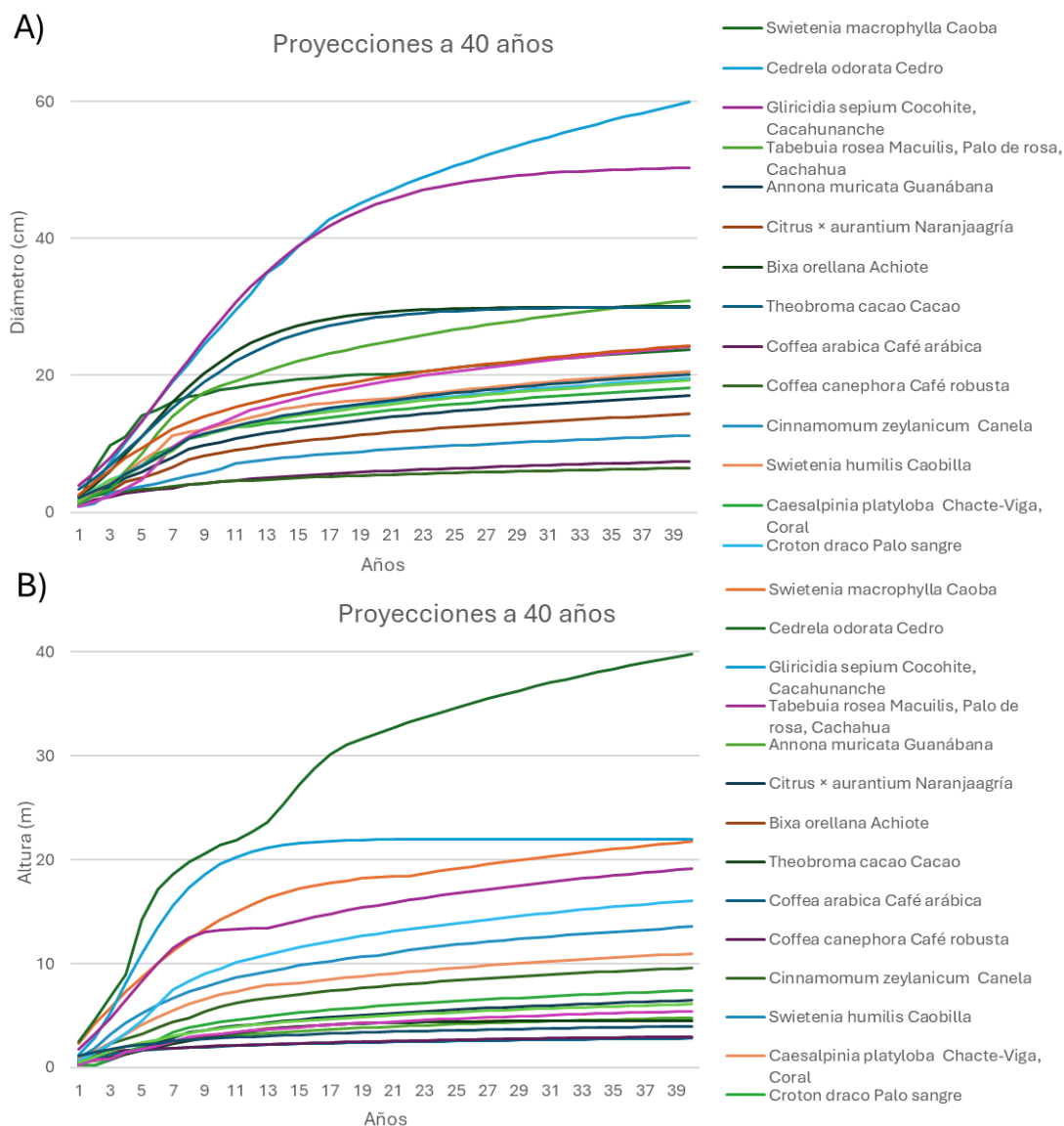


Fig. I. Proyecciones dasométricas de las 18 especies durante 40 años. A) crecimiento de diámetros y B) crecimiento de alturas

Los datos de altura y diámetro son fundamentales para la estimación de las biomásas aérea, subterránea y total (tablas II, III y IV); estos datos, son esenciales para la estimación de captura de carbono y absorción de CO₂ por especie (Fig. II).

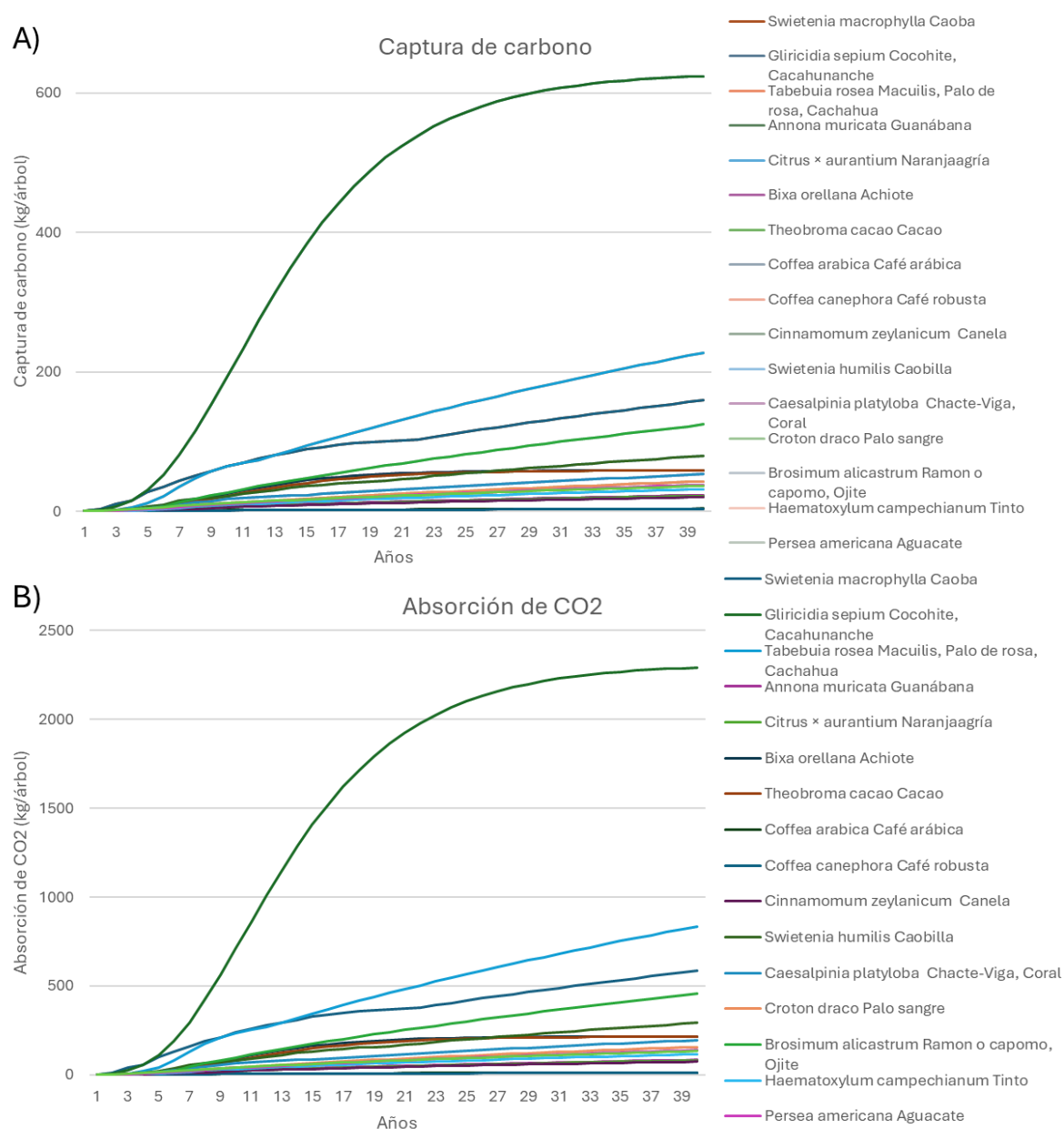


Fig. II. A) Proyecciones, por especie, de la captura de carbono (kg/árbol) y B) proyecciones de absorción de CO₂ (kg/árbol) durante 40 años.

Estas actividades no solo cumplieron con los objetivos técnicos del servicio social, también permitieron integrar un conocimiento interdisciplinario entre ecología, gestión ambiental y estrategias para la mitigación de GEI. El trabajo concluye aportando una actualización al INEGYCEI y una base de datos valiosa para la planeación de proyectos agroforestales con un enfoque de reducción de CO₂.

Tabla III. Resultados de la biomasa aérea (kg/árbol) de las 18 especies, desde el año uno hasta el año

Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.268	6.137	19.703	30.320	55.653	69.993	88.097	105.154	116.041	133.543	144.030	156.445	165.767	175.431	184.617	190.940	197.027	202.199	206.513	208.121
<i>Cedrela odorata</i>	0.102	3.131	13.000	31.547	76.993	131.283	190.646	257.447	330.620	412.492	494.545	589.037	721.177	834.444	991.707	1150.832	1310.982	1418.232	1508.333	1597.079
<i>Gliricidia septium</i>	0.868	3.885	12.324	30.240	61.169	106.855	166.825	238.771	319.328	404.834	491.888	577.657	659.986	737.380	808.918	874.141	932.940	985.456	1032.001	1072.988
<i>Tabebuia rosea</i>	0.142	0.925	3.173	8.804	20.846	43.018	70.107	96.643	118.052	132.544	142.860	152.185	165.734	180.277	194.520	208.473	222.143	235.540	248.675	261.557
<i>Annona muricata</i>	0.043	0.342	0.617	1.521	2.516	3.997	5.950	8.664	10.181	11.673	13.135	14.567	15.969	17.341	18.683	19.997	21.283	22.543	23.777	24.987
<i>Citrus x aurantium</i>	0.014	0.125	0.379	1.190	1.989	3.240	4.864	7.740	9.175	10.594	11.990	13.363	14.711	16.032	17.329	18.600	19.847	21.070	22.270	23.447
<i>Bixa orellana</i>	0.132	0.528	1.587	3.818	7.681	13.409	20.904	29.779	39.484	49.439	59.147	68.235	76.473	83.751	90.048	95.410	99.915	103.661	106.751	109.283
<i>Theobroma cacao</i>	0.283	0.836	2.034	4.219	7.681	12.562	18.813	26.208	34.407	43.023	51.686	60.089	67.998	75.265	81.808	87.603	92.666	97.041	100.787	103.971
<i>Coffea arabica</i>	0.029	0.177	0.339	0.594	0.783	0.890	1.081	1.384	1.594	1.797	1.994	2.185	2.370	2.551	2.726	2.896	3.062	3.224	3.381	3.535
<i>Coffea canephora</i>	0.113	0.366	0.648	0.779	0.919	1.065	1.200	1.452	1.623	1.786	1.942	2.092	2.236	2.375	2.510	2.640	2.766	2.888	3.006	3.122
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	0.029	0.127	0.884	1.367	2.064	2.911	4.120	5.291	6.849	8.950	11.788	13.036	14.255	15.447	16.612	17.750	18.864	19.953	21.020	22.065
<i>Swietenia humilis</i>	0.123	0.690	2.390	5.673	10.929	17.266	28.523	33.687	37.367	43.434	49.441	54.522	59.808	67.337	72.736	76.626	80.600	84.508	86.733	89.311
<i>Caesalpinia platyloba</i>	0.075	0.508	1.226	4.305	7.276	12.805	17.570	24.542	28.043	33.860	37.904	40.048	43.372	45.182	46.005	49.108	52.141	55.107	58.010	60.852
<i>Croton draco</i>	0.039	0.155	0.931	1.950	3.886	6.503	10.255	15.977	18.860	21.702	24.494	27.234	29.919	32.551	35.129	37.654	40.129	42.555	44.933	47.266
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.027	0.170	0.634	1.763	4.177	10.851	23.292	33.432	43.526	51.380	62.318	72.786	80.885	88.872	96.742	104.491	112.119	119.627	127.014	134.285
<i>Haematoxylum campechianum</i>	0.046	0.396	0.949	1.911	3.293	5.165	7.614	12.245	14.368	16.454	18.499	20.500	22.458	24.373	26.246	28.080	29.874	31.630	33.351	35.038
<i>Persea americana</i>	0.117	0.470	1.224	2.593	4.338	6.577	9.431	13.872	16.821	19.447	21.962	24.392	26.773	29.105	31.388	33.623	35.813	37.959	40.062	42.125
<i>Prunus persica</i>	0.362	1.302	2.810	5.182	7.428	10.124	13.726	16.322	18.845	21.296	23.675	25.985	28.230	30.412	32.535	34.603	36.619	38.584	40.503	42.378

Continuación de la tabla III.

s aérea (kg/Árbol)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
208.121	210.690	214.302	222.013	229.559	236.947	244.187	251.285	258.247	265.081	271.790	278.382	284.860	291.229	297.494	303.659	309.728	315.703	321.589	327.389	333.106	
1597.079	1684.494	1770.603	1855.436	1999.026	2021.406	2102.609	2182.667	2261.613	2339.480	2416.299	2492.099	2566.912	2640.765	2713.686	2785.700	2856.835	2927.114	2996.562	3065.200	3133.051	
1072.988	1108.887	1140.188	1167.374	1190.912	1211.234	1228.739	1243.788	1256.705	1267.774	1277.249	1285.352	1292.274	1298.183	1303.225	1307.524	1311.187	1314.309	1316.967	1319.231	1321.157	
261.557	274.196	286.602	298.784	310.751	322.511	334.072	345.442	356.629	367.638	378.477	389.152	399.668	410.030	420.246	430.318	440.252	450.053	459.724	469.270	478.694	
24.987	26.174	27.338	28.480	29.602	30.704	31.787	32.852	33.900	34.930	35.944	36.943	37.927	38.896	39.851	40.792	41.720	42.636	43.539	44.431	45.311	
23.447	24.604	25.740	26.855	27.952	29.030	30.091	31.134	32.162	33.173	34.169	35.150	36.117	37.070	38.010	38.936	39.851	40.753	41.644	42.523	43.392	
109.283	111.347	113.022	114.377	115.471	116.352	117.060	117.628	118.085	118.450	118.743	118.978	119.166	119.316	119.436	119.532	119.609	119.671	119.720	119.760	119.791	
103.971	106.660	108.919	110.810	112.388	113.699	114.788	115.689	116.434	117.050	117.558	117.977	118.322	118.606	118.839	119.031	119.189	119.319	119.426	119.514	119.586	
3.535	3.686	3.833	3.977	4.118	4.256	4.392	4.525	4.655	4.783	4.908	5.032	5.153	5.273	5.390	5.506	5.620	5.732	5.843	5.951	6.059	
3.122	3.234	3.344	3.450	3.555	3.656	3.756	3.853	3.949	4.042	4.134	4.224	4.312	4.398	4.483	4.567	4.649	4.730	4.809	4.888	4.965	
22.065	23.089	24.093	25.078	26.045	26.994	27.927	28.843	29.744	30.630	31.502	32.360	33.205	34.037	34.857	35.665	36.462	37.247	38.022	38.786	39.541	
89.311	93.239	97.216	103.165	107.262	111.287	115.244	119.134	122.962	126.728	130.435	134.086	137.682	141.225	144.717	148.160	151.556	154.906	158.211	161.473	164.693	
60.852	63.636	66.365	69.040	71.665	74.242	76.773	79.259	81.703	84.106	86.469	88.795	91.084	93.339	95.560	97.748	99.905	102.032	104.129	106.199	108.240	
134.285	141.441	148.485	155.420	162.250	168.977	175.604	182.135	188.572	194.919	201.177	207.351	213.442	219.452	225.385	231.243	237.027	242.740	248.384	253.961	259.472	
35.038	36.692	38.314	39.906	41.469	43.004	44.513	45.996	47.455	48.890	50.302	51.692	53.061	54.410	55.739	57.050	58.341	59.616	60.873	62.113	63.338	
42.125	44.148	46.134	48.084	49.999	51.881	53.730	55.549	57.339	59.100	60.833	62.541	64.222	65.879	67.513	69.123	70.711	72.278	73.824	75.350	76.857	
42.378	44.211	46.004	47.759	49.478	51.162	52.814	54.435	56.027	57.589	59.125	60.634	62.118	63.578	65.015	66.429	67.823	69.195	70.547	71.880	73.195	

Tabla IV. Resultados de la biomasa subterránea (kg/Árbol) de cada especie, desde el año uno hasta el año 40. Las celdas amarillas y blancas indican diferente ecuación, para las celdas amarillas se utilizó la ecuación para la etapa de plántula y juvenil, seguido de las celdas blancas donde se utilizó la ecuación para etapa adulta.

Especie	Biomasa subterránea																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.108	1.724	2.981	3.362	3.898	4.101	4.304	4.460	4.547	4.672	4.738	4.811	4.863	4.913	4.958	4.988	5.015	5.038	5.057	5.064
<i>Cedrela odorata</i>	0.046	0.951	2.613	3.397	4.185	4.657	4.986	5.252	5.473	5.668	5.828	5.983	6.162	6.291	6.443	6.575	6.690	6.759	6.814	6.864
<i>Gliricidia sepium</i>	0.306	1.151	3.192	3.359	3.982	4.475	4.868	5.185	5.442	5.652	5.824	5.966	6.083	6.181	6.263	6.332	6.389	6.438	6.478	6.513
<i>Tabebuia rosea</i>	0.062	0.324	0.962	2.371	3.031	3.671	4.102	4.386	4.563	4.665	4.731	4.787	4.862	4.937	5.004	5.065	5.121	5.173	5.221	5.266
<i>Annona muricata</i>	0.021	0.134	0.226	0.503	0.784	1.571	1.923	2.255	2.397	2.518	2.622	2.714	2.795	2.868	2.934	2.994	3.049	3.100	3.147	3.191
<i>Citrus × aurantium</i>	0.008	0.055	0.147	0.405	0.637	1.386	1.745	2.155	2.305	2.432	2.542	2.638	2.723	2.799	2.867	2.930	2.987	3.040	3.089	3.134
<i>Bixa orellana</i>	0.058	0.197	0.522	1.133	2.102	2.641	3.033	3.346	3.595	3.794	3.952	4.078	4.179	4.259	4.323	4.375	4.415	4.448	4.474	4.494
<i>Theobroma cacao</i>	0.114	0.296	0.650	1.238	2.102	2.583	2.940	3.233	3.473	3.671	3.833	3.966	4.075	4.165	4.239	4.299	4.349	4.389	4.423	4.450
<i>Coffea arabica</i>	0.015	0.075	0.133	0.219	0.280	0.313	0.416	0.634	0.759	0.865	0.957	1.038	1.110	1.174	1.233	1.286	1.336	1.381	1.423	1.463
<i>Coffea canephora</i>	0.051	0.143	0.237	0.278	0.322	0.403	0.508	0.676	0.775	0.859	0.933	0.999	1.058	1.111	1.160	1.205	1.246	1.284	1.320	1.353
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	0.015	0.056	0.311	0.457	0.658	1.291	1.598	1.819	2.047	2.283	2.527	2.616	2.695	2.766	2.830	2.888	2.942	2.992	3.038	3.081
<i>Swietenia humilis</i>	0.054	0.250	0.749	1.608	2.460	2.864	3.308	3.455	3.546	3.679	3.794	3.880	3.962	4.067	4.135	4.181	4.225	4.267	4.290	4.316
<i>Caesalpinia platyloba</i>	0.035	0.191	0.415	1.260	2.003	2.600	2.879	3.175	3.293	3.459	3.559	3.607	3.678	3.714	3.730	3.788	3.841	3.890	3.935	3.977
<i>Cratogeomys draco</i>	0.020	0.067	0.326	0.626	1.151	2.001	2.404	2.796	2.942	3.066	3.173	3.267	3.350	3.424	3.492	3.553	3.609	3.661	3.709	3.754
<i>Brasium obovatum</i>	0.014	0.073	0.232	0.572	1.227	2.454	3.129	3.448	3.681	3.828	3.998	4.135	4.229	4.312	4.387	4.455	4.517	4.574	4.627	4.677
<i>Haematoxylum campechianum</i>	0.023	0.153	0.331	0.615	0.994	1.798	2.141	2.560	2.702	2.822	2.925	3.016	3.096	3.169	3.234	3.294	3.348	3.399	3.446	3.489
<i>Persea americana</i>	0.052	0.178	0.415	0.805	1.269	2.011	2.330	2.671	2.841	2.969	3.077	3.169	3.252	3.325	3.392	3.453	3.509	3.560	3.608	3.652
<i>Prunus persica</i>	0.141	0.438	0.864	1.484	2.040	2.392	2.661	2.814	2.941	3.049	3.143	3.225	3.298	3.364	3.424	3.478	3.528	3.575	3.617	3.657

Continuación de la tabla IV.

Subterránea (kg/Árbol)																				
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
5.064	5.075	5.090	5.121	5.150	5.178	5.205	5.230	5.254	5.277	5.300	5.321	5.341	5.361	5.379	5.397	5.415	5.432	5.448	5.464	5.479
6.864	6.911	6.955	6.997	7.036	7.072	7.107	7.140	7.172	7.202	7.230	7.257	7.284	7.309	7.333	7.356	7.378	7.400	7.420	7.440	7.460
6.513	6.542	6.567	6.587	6.605	6.620	6.633	6.643	6.652	6.660	6.667	6.672	6.677	6.681	6.685	6.688	6.690	6.692	6.694	6.695	6.697
5.266	5.307	5.346	5.383	5.418	5.451	5.482	5.511	5.540	5.566	5.592	5.617	5.640	5.663	5.685	5.706	5.726	5.745	5.764	5.782	5.800
3.191	3.232	3.270	3.306	3.340	3.373	3.403	3.432	3.460	3.487	3.512	3.536	3.559	3.582	3.603	3.624	3.644	3.663	3.681	3.699	3.717
3.134	3.177	3.217	3.254	3.290	3.323	3.355	3.385	3.414	3.441	3.467	3.492	3.516	3.539	3.561	3.583	3.603	3.623	3.642	3.660	3.678
4.494	4.511	4.524	4.535	4.543	4.550	4.555	4.559	4.563	4.566	4.568	4.570	4.571	4.572	4.573	4.574	4.574	4.575	4.575	4.575	4.576
4.450	4.473	4.492	4.507	4.519	4.529	4.538	4.545	4.550	4.555	4.559	4.562	4.565	4.567	4.569	4.570	4.571	4.572	4.573	4.574	4.574
1.463	1.500	1.534	1.567	1.598	1.627	1.654	1.681	1.706	1.730	1.753	1.775	1.796	1.816	1.835	1.854	1.872	1.890	1.907	1.923	1.939
1.353	1.384	1.413	1.441	1.468	1.492	1.516	1.539	1.560	1.581	1.601	1.620	1.638	1.656	1.673	1.689	1.705	1.720	1.735	1.749	1.763
3.081	3.121	3.158	3.194	3.227	3.259	3.289	3.317	3.345	3.371	3.395	3.419	3.442	3.464	3.485	3.505	3.525	3.543	3.562	3.579	3.596
4.316	4.354	4.391	4.444	4.478	4.511	4.541	4.571	4.599	4.625	4.651	4.675	4.699	4.721	4.743	4.763	4.781	4.803	4.821	4.839	4.857
3.977	4.017	4.054	4.089	4.122	4.153	4.182	4.211	4.237	4.263	4.288	4.311	4.334	4.355	4.376	4.396	4.415	4.434	4.452	4.469	4.486
3.754	3.796	3.835	3.872	3.907	3.939	3.971	4.000	4.028	4.055	4.081	4.106	4.129	4.152	4.174	4.195	4.215	4.235	4.253	4.272	4.289
4.677	4.722	4.765	4.806	4.844	4.880	4.914	4.946	4.977	5.006	5.034	5.060	5.086	5.111	5.134	5.157	5.179	5.200	5.220	5.240	5.259
3.489	3.530	3.568	3.604	3.638	3.670	3.701	3.730	3.757	3.784	3.809	3.833	3.856	3.878	3.900	3.920	3.940	3.959	3.977	3.995	4.013
3.652	3.694	3.732	3.769	3.804	3.836	3.867	3.897	3.925	3.951	3.977	4.001	4.025	4.047	4.069	4.090	4.110	4.129	4.148	4.166	4.183
3.657	3.695	3.730	3.763	3.794	3.824	3.852	3.879	3.904	3.928	3.952	3.974	3.995	4.016	4.036	4.055	4.073	4.091	4.108	4.124	4.140

Tabla V. Resultados de biomasa total (kg/Árbol) por especie, desde el año uno hasta el año

Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Swietenia macrophylla</i>	0.377	7.861	22.684	33.681	59.551	74.094	92.401	109.614	120.588	138.215	148.769	161.257	170.630	180.344	189.575	195.927	202.042	207.237	211.569	213.184
<i>Cedrela odorata</i>	0.149	4.082	15.613	34.944	81.178	135.940	195.632	262.698	336.092	418.160	500.373	595.020	727.339	840.735	998.150	1157.406	1317.672	1424.991	1515.147	1603.944
<i>Gliricidia sepium</i>	1.174	5.036	15.515	33.600	65.151	111.330	171.693	243.956	324.770	410.485	497.711	583.623	666.070	743.562	815.182	880.473	939.329	991.894	1038.479	1079.501
<i>Tabebuia rosea</i>	0.204	1.249	4.135	11.174	23.877	46.689	74.209	101.029	122.614	137.209	147.591	156.973	170.597	185.213	199.524	213.538	227.264	240.713	253.896	266.822
<i>Annona muricata</i>	0.064	0.476	0.843	2.024	3.300	5.568	7.873	10.919	12.579	14.191	15.757	17.281	18.764	20.209	21.617	22.991	24.332	25.643	26.924	28.178
<i>Citrus x aurantium</i>	0.021	0.180	0.526	1.594	2.625	4.625	6.608	9.895	11.481	13.026	14.532	16.001	17.433	18.831	20.196	21.530	22.834	24.110	25.359	26.582
<i>Bixa orellana</i>	0.191	0.725	2.109	4.951	9.783	16.050	23.937	33.125	43.079	53.233	63.099	72.313	80.652	88.010	94.372	99.784	104.330	108.109	111.225	113.777
<i>Theobroma cacao</i>	0.397	1.132	2.683	5.457	9.783	15.145	21.752	29.441	37.880	46.693	55.519	64.055	72.074	79.430	86.047	91.902	97.015	101.431	105.210	108.421
<i>Coffea arabica</i>	0.045	0.252	0.472	0.813	1.063	1.203	1.496	2.018	2.352	2.662	2.951	3.223	3.480	3.725	3.958	4.182	4.398	4.605	4.805	4.998
<i>Coffea canephora</i>	0.164	0.508	0.885	1.057	1.241	1.468	1.709	2.128	2.397	2.645	2.875	3.091	3.294	3.487	3.670	3.844	4.011	4.172	4.326	4.475
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	0.045	0.182	1.195	1.825	2.722	4.202	5.718	7.110	8.897	11.233	14.315	15.652	16.950	18.213	19.441	20.639	21.806	22.945	24.058	25.146
<i>Swietenia humilis</i>	0.177	0.940	3.139	7.281	13.389	20.130	31.831	37.142	40.913	47.113	53.235	58.402	63.770	71.404	76.871	80.807	84.825	88.776	91.023	93.627
<i>Caesalpinia platyloba</i>	0.111	0.698	1.642	5.565	9.279	15.405	20.449	27.717	31.335	37.319	41.463	43.656	47.050	48.896	49.735	52.896	55.982	58.997	61.945	64.829
<i>Craton draca</i>	0.058	0.222	1.257	2.576	5.036	8.504	12.658	18.773	21.802	24.768	27.667	30.501	33.269	35.975	38.620	41.207	43.738	46.216	48.642	51.020
<i>Brosimum alicastrum</i>	0.041	0.243	0.866	2.335	5.403	13.304	26.420	36.880	47.207	55.208	66.316	76.922	85.113	93.184	101.128	108.946	116.637	124.201	131.642	138.962
<i>Haematoxylum campechianum</i>	0.069	0.549	1.280	2.526	4.287	6.962	9.754	14.805	17.070	19.276	21.424	23.516	25.554	27.542	29.481	31.373	33.222	35.029	36.797	38.527
<i>Persea americana</i>	0.170	0.648	1.639	3.398	5.607	8.589	11.761	16.543	19.662	22.416	25.039	27.562	30.025	32.430	34.780	37.076	39.322	41.519	43.670	45.777
<i>Prunus persica</i>	0.504	1.740	3.675	6.666	9.469	12.517	16.388	19.136	21.787	24.346	26.818	29.211	31.528	33.776	35.959	38.082	40.147	42.159	44.121	46.035

Continuación de la tabla V.

sa total (kg/Árbol)		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
213.184	215.764	219.392	227.134	234.709	242.126	249.392	256.515	263.502	270.358	277.090	283.702	290.201	296.590	302.874	309.057	315.143	321.135	327.037	332.853	338.585		
1603.944	1691.405	1777.558	1862.433	1946.062	2028.479	2109.716	2189.807	2268.785	2346.681	2423.529	2499.357	2574.196	2648.074	2721.018	2793.056	2864.213	2934.514	3003.982	3072.640	3140.511		
1079.501	1115.429	1146.754	1173.962	1197.517	1217.854	1235.372	1250.432	1263.357	1274.434	1283.916	1292.024	1298.951	1304.864	1309.909	1314.211	1317.877	1321.001	1323.661	1325.926	1327.854		
266.822	279.503	291.948	304.167	316.168	327.961	339.554	350.954	362.168	373.205	384.069	394.768	405.308	415.693	425.930	436.023	445.978	455.798	465.488	475.052	484.494		
28.178	29.405	30.608	31.786	32.943	34.077	35.191	36.285	37.360	38.417	39.456	40.479	41.486	42.477	43.454	44.416	45.364	46.299	47.221	48.130	49.028		
26.582	27.781	28.956	30.110	31.242	32.354	33.446	34.520	35.575	36.614	37.636	38.642	39.633	40.609	41.571	42.519	43.454	44.376	45.286	46.184	47.070		
113.777	115.858	117.546	118.912	120.014	120.901	121.615	122.188	122.647	123.016	123.311	123.547	123.737	123.888	124.009	124.106	124.184	124.246	124.295	124.335	124.367		
108.421	111.133	113.411	115.317	116.907	118.229	119.325	120.234	120.985	121.605	122.117	122.539	122.886	123.172	123.408	123.601	123.761	123.892	123.999	124.088	124.160		
4.998	5.186	5.367	5.544	5.716	5.883	6.046	6.205	6.361	6.513	6.661	6.807	6.949	7.089	7.226	7.360	7.492	7.622	7.749	7.874	7.997		
4.475	4.618	4.757	4.892	5.022	5.149	5.272	5.392	5.509	5.623	5.735	5.844	5.950	6.054	6.156	6.256	6.354	6.450	6.544	6.637	6.727		
25.146	26.210	27.252	28.272	29.273	30.253	31.216	32.161	33.089	34.001	34.897	35.779	36.647	37.501	38.342	39.170	39.986	40.790	41.583	42.365	43.137		
93.627	97.593	101.608	107.609	111.740	115.798	119.785	123.705	127.560	131.353	135.086	138.761	142.380	145.946	149.460	152.924	156.339	159.708	163.032	166.312	169.550		
64.829	67.653	70.418	73.129	75.787	78.395	80.955	83.470	85.940	88.369	90.757	93.106	95.418	97.694	99.936	102.144	104.320	106.466	108.581	110.668	112.726		
51.020	53.351	55.638	57.882	60.085	62.248	64.375	66.465	68.521	70.543	72.533	74.493	76.423	78.324	80.198	82.045	83.867	85.663	87.436	89.185	90.912		
138.962	146.163	153.250	160.226	167.093	173.856	180.518	187.081	193.549	199.924	206.211	212.411	218.528	224.563	230.519	236.399	242.205	247.940	253.604	259.200	264.731		
38.527	40.222	41.882	43.510	45.107	46.675	48.214	49.726	51.212	52.673	54.111	55.525	56.917	58.288	59.639	60.970	62.281	63.575	64.850	66.109	67.350		
45.777	47.842	49.867	51.853	53.802	55.717	57.598	59.446	61.263	63.051	64.810	66.542	68.247	69.927	71.582	73.213	74.821	76.407	77.972	79.516	81.040		
46.035	47.906	49.733	51.522	53.272	54.986	56.666	58.314	59.931	61.518	63.076	64.608	66.113	67.594	69.051	70.484	71.895	73.286	74.655	76.005	77.335		

VII. Recomendaciones

Durante el desarrollo de las actividades del servicio social, se identificaron algunos puntos que podrían contribuir al uso de la información generada durante esta experiencia. Se recomienda recolectar datos de campo para la validación más puntual sobre el crecimiento de las especies agroforestales trabajadas ya que este análisis se realizó utilizando datos recabados por literatura científica, el uso de mediciones y un seguimiento del crecimiento en campo permitirá tener un resultado y una proyección más precisa y así tener una representación más real del crecimiento desde un contexto local. Para eso se recomienda dar un seguimiento de cada ecosistema ya que hay especies que abarcan desde selvas húmedas hasta bosques secos y áreas de cultivo.

Asimismo, se recomienda establecer protocolos para la recopilación anual de datos dasométricos en proyectos agroforestales, así como de las condiciones de los sitios para facilitar la integración de información y obtener estimaciones futuras, así como elaborar una base de datos con ecuaciones alométricas específicas para cada especie, con herramientas automatizadas o plantillas estructuradas que sirvan como referencia técnica para las futuras investigaciones útiles y dar seguimiento a proyectos, además del de “Sembrando Vida”.

Finalmente se propone incorporar diferentes perspectivas, no solo enfocado a la mitigación y absorción de CO₂, sino además, reconocer la función ecológica de cada especie, así como un significado cultural y ético, una perspectiva que abarque, la mitigación de GEI, así como su papel ecológico, productivo y económico de especies frutales y maderables, así como a nivel paisaje y cultural, donde se rescaten además, a las especies nativas con usos medicinales, tradicionales, ceremoniales o rituales, a nivel experimental o aplicado, para el diseño de estrategias para, por ejemplo, reforestar y recuperar ecosistemas.

VIII. Bibliografía

- Ballesteros, H. B. y Aristizabal, G. L. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Subdirección de Meteorología.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H. y Baumgardner, G. A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1), 1–11.
- Catalán, A. H. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas del Desarrollo*, 52(204), 59–83.
- Cetina Batún, P. G. (2023). Evaluación de sistemas agroforestales del programa Sembrando Vida en el municipio de Chacsinkín, Yucatán, México. [Trabajo Fin de Máster, Universidad Miguel Hernández, Escuela Politécnica Superior de Orihuela].
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S. y Cairns, M. A. (2005). Tree allometric and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2024). Actualización de la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) de México 2022: Documento técnico.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/937518/06_2024.ACTUALIZACION_DE_LA_CONTRIBUCION_DETERMINADA_A_NIVEL_NACIONAL_190624_Rev2.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2024, agosto 13). Estudios e investigaciones 2013 a 2025 en materia de mitigación del cambio climático. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990–2015. Anexo E, AFOLU, [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas del CO₂ de la tierra, 1ra lectora.
https://www.snieg.mx/DocAcervoINN/documentacion/inf_nvo_acervo/snigma/Inv_Nal_Gas_Comp_Efect_Inver/NIR_Anexo_E_AFOLU_3C_Fuentes_EML_y_RBR_1a_lect_27jul18.pdf

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Picard, N., Saint-André, L. y Henry, M. (2012). Manual for building tree volume and biomass allometric equations: From field measurement to prediction. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & CIRAD.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 – Agriculture, forestry and other land use. IGES.
- IPCC. (2006). IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- IPCC. (2019). Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (Vol. 2). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Marroquín-Morales, P., Barrios-Calderón, J. R., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., Guzmán-Santiago, J. C. y López-López, B. (2024). La perspectiva de los sistemas agroforestales como una alternativa a la degradación ambiental en México. e-CUCBA, (23), 1–10.
- Mena-Jiménez, F., Blancas, J., Moreno-Calles, A. I., Ceccon, E., Martínez-Garza, C., López-Medellín, X. y Tegoma-Coloreano, A. (2024). Caracterización e importancia biocultural de los sistemas agroforestales de la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos, México. Botanical Sciences, 102(1), 102–127.
- Morán-Villa, V. L. (2022). Contribución al estudio de captura y emisión de gases de efecto invernadero (C y N) en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo].
- Morán-Villa, V. L. (2022). Contribución al estudio de captura y emisión de gases de efecto invernadero (C y N) en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de fitotecnia.
- Nair, P. R., Kumar, B. M. y Nair, V. D. (2022). Classification of agroforestry systems. An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments. Springer Nature. 29-44.
- Nobile, A. G., Ricciardi, L. M. y Sacerdote, L. (1982). On Gompertz growth model and related difference equations. Biological Cybernetics, 42(3), 221–229.

X. Visto Bueno de los asesores.



Asesor Externo

Hbiól. Oscar León Morales
(5686830)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático



Asesor Interno

Dra. María Teresa Núñez Cardona
(No. Económico 14473)

Departamento Del Hombre y su Ambiente,
Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco