

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO CAPTURADO POR ÁRBOLES DE
***Cordia alliodora* R. & P. Oken (LAUREL) EN SISTEMAS**
AGROFORESTALES CAFETALEROS CERTIFICADOS ESTABLECIDOS
EN EL DISTRITO DE JAÉN – CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. FRANCISCO FERNANDO AGUIRRE DE LOS RÍOS

Asesor:

Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL

Cajamarca, Perú

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
FRANCISCO FERNANDO AGUIRRE DE LOS RIOS
DNI N°: 40744723
Escuela de Posgrado/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Doctorado en Ciencias. Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales.
2. Asesor: Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☒ **Doctor**
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Cuantificación del carbono capturado por árboles de *Cordia alliodora* R. & P. Oken (Laurel) en sistemas agroforestales cafetaleros certificados establecidos en el distrito de Jaén – Cajamarca.
6. Fecha de evaluación: **18/03/2026**
7. Software antiplagio: ☒ **TURNITIN** ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **6%**
9. Código Documento: **3117:568840060**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **18/03/2026**

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
DNI: 26610779

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2026 BY
FRANCISCO FERNANDO AGUIRRE DE LOS RIOS
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDUCD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 15:00 horas, del día 17 de marzo del año dos mil veintiséis, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el, Dr. WILFREDO POMA ROJAS, Dr. SEGUNDO PRIMITIVO VACA MARQUINA, Dr. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ y en calidad de Asesor, el Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO CAPTURADO POR ÁRBOLES DE *Cordia alliodora* R. & P. Oken (LAUREL) EN SISTEMAS AGROFORESTALES CAFETALEROS CERTIFICADOS ESTABLECIDOS EN EL DISTRITO DE JAÉN - CAJAMARCA;** presentada por el Magister Scientiae Bosques y Gestión de Recursos Forestales **AGUIRRE DE LOS RIOS, FRANCISCO FERNANDO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó aprobar por unanimidad con la calificación de diecisiete (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el Magister Scientiae Bosques y Gestión de Recursos Forestales **AGUIRRE DE LOS RIOS, FRANCISCO FERNANDO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 16:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Asesor


.....
Dr. Wilfredo Poma Rojas
Presidente-Jurado Evaluador


.....
Dr. Segundo Primitivo Vaca Marquina
Jurado Evaluador


.....
Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz
Jurado Evaluador

A:

Mi familia, esposa Luisa Chávez compañera en esta vida y que es mi complemento para enrumbar mis decisiones de la mano con nuestras hijas Andrea y Ángeles que con su presencia me alegran el existir.

Mis padres Paco y Libia que siempre están presentes para recordarme la razón de tener esperanza en la vida, mis hermanos Helder y Nathaly que siempre cuento con ellos a pesar de haber enrumbado cada uno por su lado.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal por haberme asesorado acertadamente durante la ejecución del presente proyecto según las normas establecidas por la Universidad Nacional de Cajamarca, así como sus constantes revisiones para la mejora de la tesis.

Al Ing. Ms. Gerardo Alarcón Cubas por haber confiado en la ejecución de la presente investigación y permitir que la Cooperativa Sol&Café brinde información para llevar a buen puerto la presente investigación.

Al Reverendo Sacerdote Jesuita Francisco Muguero Ibarra, Ex Director de Radio Marañón en Jaén, por estar seguro de que la siembra de árboles maderables es una actividad rentable y con alto valor ecológico.

Al Ing. Noymer Franklin Barrantes Salazar por el apoyo constante en la búsqueda de literatura científica actualizada, tabulación y procesamiento de datos obtenidos en campo, continúa siempre con tu desarrollo científico y profesional estimado amigo.

A la Empresa IINDESAT SAC por apoyo en la toma de datos de campo facilitando con materiales, insumos y equipos.

Al Ing. M.Sc Vitoly Becerra por su apoyo en revisión de resultados y con cuya experiencia ayudó a realizar mejoras en su presentación final.

Agradecer a Dios por haber llegado a este momento de gran satisfacción en mi vida y darme la fortaleza para poder culminar con éxito este proyecto.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE ABREVIACIONES.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales	4
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes regionales o locales	13
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. El ciclo global del carbono.....	14
2.2.1.1. Componentes del ciclo del carbono.....	16
2.2.1.2. Flujos de intercambio	19
2.2.1.3. Presupuesto global de carbono.....	20
2.2.2. Efecto invernadero y calentamiento global.....	22
2.2.3. Cambio climático.....	25
2.2.3.1. Impactos climáticos y fenómenos meteorológicos extremos.....	26
2.2.3.2. Mitigación y adaptación al cambio climático	28
2.2.4. Sistemas agroforestales cafetaleros	30
2.2.5. <i>Cordia alliodora</i>	33
2.2.5.1. Distribución geográfica y hábitat	33
2.2.5.2. Descripción botánica	33

2.2.5.3. Fenología.....	35
2.2.5.4. Usos	36
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1. Ubicación.....	41
3.2. Características geográficas y climáticas.....	43
3.3. Materiales	43
3.4. Metodología.....	43
3.4.1. Población.....	43
3.4.2. Muestra.....	44
3.4.3. Muestreo.....	44
3.4.4. Variables de estudio	44
3.4.5. Métodos.....	45
3.4.6. Diseño de investigación	45
3.4.7. Procedimiento.....	46
3.4.7.1. Fase de campo	46
3.4.7.2. Fase de gabinete	46
3.4.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
3.4.9. Análisis de datos.....	50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1. Inventario de árboles de <i>Cordia alliodora</i>	51
4.2. Cuantificación del carbono capturado mediante ecuaciones alométricas	57
4.2.1. Biomasa aérea y carbono.....	57
4.2.2. Biomasa radicular y carbono	61
4.3. Análisis estadístico para los datos de carbono.....	64

4.3.1. Selección del mejor modelo alométrico.....	64
4.3.2. Relación raíz-brote.....	67
4.3.3. Biomasa y carbono total.....	70
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	77
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Reserva de los principales componentes del ciclo del carbono	16
Tabla 2. Presupuesto global del carbono por periodos.....	21
Tabla 3. Modelo alométrico 1 para estimar la biomasa aérea	47
Tabla 4. Modelo alométrico 2 y 3 para estimar la biomasa aérea	47
Tabla 5. Modelo alométrico para estimar la biomasa radicular.....	48
Tabla 6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	49
Tabla 7. Estadística descriptiva para los resultados del inventario.....	51
Tabla 8. Estadística descriptiva para los resultados de biomasa aérea (kg), según modelo alométrico	58
Tabla 9. Estadística descriptiva para los resultados de carbono aéreo (kg C), según modelo alométrico	59
Tabla 10. Estadística descriptiva para los resultados de biomasa radicular (kg), según modelo alométrico	61
Tabla 11. Estadística descriptiva de los resultados de carbono radicular (kg C), según modelo alométrico	63
Tabla 12. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los modelos de biomasa aérea..	64
Tabla 13. Prueba de Kruskal-Wallis	65
Tabla 14. Prueba post-hoc para los modelos alométricos de estimación de la biomasa aérea.....	65
Tabla 15. Estadística descriptiva para los resultados de la relación raíz-brote	68
Tabla 16. Resultados de biomasa total, carbono total y CO ₂ total.....	70
Tabla 17. Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para DAP, altura total y biomasa total.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática del ciclo global del carbono	15
Figura 2. El balance energético de la superficie terrestre.....	24
Figura 3. Cambios proyectados en los patrones climáticos globales a niveles de calentamiento global de 1.5, 2, 3 y 4 °C en relación con el periodo 1850-1900	27
Figura 4. Riesgos e impactos proyectados del cambio climático en los sistemas naturales y humanos a diferentes niveles de calentamiento global en relación con los niveles del periodo 1850-1900.....	29
Figura 5. Múltiples beneficios que los SAF cafetaleros aportan a las comunidades y a la naturaleza.....	31
Figura 6. <i>Cordia alliodora</i>	35
Figura 7. Mapa de ubicación de las comunidades estudiadas	42
Figura 8. Distribución de los árboles de <i>C. alliodora</i> por clase diamétrica	42
Figura 9. Distribución de los árboles de <i>C. alliodora</i> por altura comercial	52
Figura 10. Distribución de los árboles de <i>C. alliodora</i> por altura total	53
Figura 11. Distribución de los árboles de <i>C. alliodora</i> por volumen comercial.....	54
Figura 12. Diagrama de cajas y bigotes para biomasa aérea, según modelo alométrico	58
Figura 13. Diagrama de cajas y bigotes para carbono aéreo, según modelo alométrico	60
Figura 14. Diagrama de cajas y bigotes para biomasa radicular, según modelo alométrico..	62
Figura 15. Diagrama de cajas y bigotes para carbono radicular, según modelo alométrico ..	63
Figura 16. Resultados de biomasa, carbono y CO ₂ total de <i>C. alliodora</i> bajo SAF cafetalero....	71
Figura 17. Diagrama de dispersión entre el DAP y biomasa total.....	73
Figura 18. Diagrama de dispersión entre la altura total y biomasa total.....	73
Figura 19. Marcación de árboles en inventario	122

Figura 20. Medición de la circunferencia en árboles de <i>C. alliodora</i>	122
Figura 21. Georreferenciación de árboles de <i>C. alliodora</i>	123

LISTA DE ABREVIACIONES

IPCC	:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
COP	:	Conferencia de las Partes
SERFOR	:	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SAF	:	Sistema agroforestal
DAP	:	Diámetro a la altura del pecho
HC	:	Altura comercial
HT	:	Altura total
VC	:	Volumen comercial
C	:	Carbono
CO ₂	:	Dióxido de carbono
R ²	:	Coeficiente de determinación
ppm	:	Partes por millón
kg C	:	Kilogramo de carbono
kg CO ₂	:	Kilogramo de dióxido de carbono
t C ha ⁻¹	:	Tonelada de carbono por hectárea
t CO ₂ ha ⁻¹	:	Tonelada de dióxido de carbono por hectárea
Gt C	:	Gigatonelada de carbono
Gt CO ₂	:	Gigatonelada de dióxido de carbono

RESUMEN

Cordia alliodora Ruiz & Pavon. Oken, es una especie que crece naturalmente en los ecosistemas agroforestales de Jaén, formando parte integral de la cobertura arbórea que acompaña al cultivo del café, y es conocida por su rápido crecimiento, valor maderable y capacidad de capturar carbono. El objetivo general del presente estudio fue cuantificar el carbono capturado por los árboles de *C. alliodora* de parcelas agroforestales cafetaleras del distrito de Jaén-Cajamarca. Los sistemas agroforestales (SAF) cafetaleros estudiados presentaron sombra diversificada, además de ésta incluyeron muchas otras especies entre frutales y forestales; cultivados en parcelas con superficie entre 1-2 ha y una densidad promedio para *C. alliodora* igual a 42 árboles ha⁻¹. La biomasa aérea y radicular se estimó mediante ecuaciones alométricas específicas para *C. alliodora*, considerando el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y densidad de la madera como variables. Se realizó el inventario de 2418 árboles de *C. alliodora*. El DAP promedio registrado fue 22.176 ± 8.384 cm (10-57.932 cm) y la altura total media fue 10.072 ± 2.776 m (3-22 m). En promedio, cada árbol de *C. alliodora* almacena 109.041 ± 101.497 kg C (6.573-768.084 kg C) debido a que un SAF cafetalero implica que los árboles (como *C. alliodora*) no son uniformes: varían en edad, tamaño, manejo, competencia y microambiente, lo que genera dispersión alta en variables dasométricas sin que sea un error de medición, es decir, $\approx 400.180 \pm 372.493$ kg CO₂, esto significa 4.580 ± 4.263 t C ha⁻¹ ($\approx 16.808 \pm 15.645$ t CO₂ ha⁻¹). Los resultados demuestran que *C. alliodora* juega un papel crucial en la captura de carbono en los cafetales certificados, lo que ayuda a la sostenibilidad ambiental de estos sistemas y contribuye a mitigar el cambio climático. Por ello, es vital promover el manejo y la conservación de especies nativas como *C. alliodora* en contextos productivos sostenibles.

Palabras clave: Sistema agroforestal, *Cordia alliodora*, biomasa, carbono,

ABSTRACT

Cordia alliodora Ruiz & Pavon Oken is a species that grows naturally in the agroforestry ecosystems of Jaén, forming an integral part of the tree cover that accompanies coffee cultivation, and is known for its rapid growth, timber value, and carbon sequestration capacity. The overall objective of this study was to quantify the carbon captured by *C. alliodora* trees in agroforestry coffee plots in the district of Jaén-Cajamarca. The coffee agroforestry systems (AFS) studied had diversified shade and, in addition to *C. alliodora*, included many other fruit and forest species. They were cultivated on plots with an area of 1-2 ha and an average density for *C. alliodora* of 42 trees ha⁻¹. The above-ground and root biomass was estimated using specific allometric equations for *C. alliodora*, considering diameter at breast height (DBH), total height, and fixed wood density as predictor variables. An inventory of 2 418 *C. alliodora* trees was carried out. The average DBH recorded was 22.176 ± 8.384 cm (10-57.932 cm) and the average total height was 10.072 ± 2.776 m (3-22 m). On average, each *C. alliodora* tree stores 109.041 ± 101.497 kg C (6.573-768.084 kg C), or $\approx 400.180 \pm 372.493$ kg CO₂, which means 4.580 ± 4.263 t C ha⁻¹ ($\approx 16.808 \pm 15.645$ t CO₂ ha⁻¹). The results show that *C. alliodora* plays a crucial role in carbon sequestration in certified coffee plantations, which helps the environmental sustainability of these systems and contributes to mitigating climate change. Therefore, it is vital to promote the management and conservation of native species such as *C. alliodora* in sustainable production contexts, as they improve the quality of SAFs and the ecological resilience of the coffee landscape.

Keywords: Agroforestry system, *Cordia alliodora*, allometric equation, biomass, carbon

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global es impulsado principalmente por actividades humanas, sobre todo por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el dióxido de carbono (CO₂) el principal responsable (IPCC, 2023b). Desde el inicio de la era industrial hasta 2023, las emisiones antropogénicas han alcanzado 710 ± 70 Gt C (2605 ± 260 Gt CO₂), de las cuales el 70 % se generaron en los últimos 60 años, debido al uso insostenible de combustibles fósiles y la deforestación (Friedlingstein et al., 2025). Como consecuencia, la concentración atmosférica ha aumentado de 278 ppm en el año 1750 (Gulev et al., 2021) a 423.64 ppm en el año 2024 (Lan et al., 2025), generando impactos negativos en la biodiversidad, los ecosistemas, la salud humana, la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua y la infraestructura (Birkmann et al., 2022; Cissé et al., 2022; Parmesan et al., 2022).

Ante este escenario, se reconoce a los sistemas agroforestales (SAF) como una estrategia efectiva de mitigación climática debido a su capacidad potencial para fijar y almacenar carbono en la biomasa y el suelo (Clemente-Arenas, 2021; Golicz et al., 2022; Mazumder et al., 2025; Muthuri et al., 2023); en particular los SAF cafetaleros (Cudemus et al., 2024; Nandakishor et al., 2022; Walsh et al., 2025). Estructuralmente, los SAF cafetaleros son similares a los bosques primarios (Chemeda et al., 2022; Solis et al., 2020), debido a la presencia de una gran diversidad de árboles (maderables, frutales y leguminosas) (Davis et al., 2019; Paulos, 2022). El sector cafetalero es una de las principales industrias comprometidas con la consecución de la neutralidad de carbono (Birkenberg et al., 2021).

Una de las especies más comunes en las parcelas cafetaleras del norte del Perú es *Cordia alliodora* (laurel) (Barturén, 2018; Cieza, 2019; Sánchez et al., 2021), árbol nativo del trópico americano (Valdivieso et al., 1998), conocido por su rápido crecimiento, valor

maderable y capacidad de capturar carbono. Esta especie prospera en los bosques de neblina de Jaén y San Ignacio, región Cajamarca (Pérez y Maquen, 2013), formando parte integral de la cobertura arbórea que acompaña al cultivo del café. Por ejemplo, en 20 años un árbol de la especie *C. alliodora* asociado con el cafeto bajo modalidad agroforestales, en promedio tendría un volumen maderable de 5.4 m^3 (crecimiento volumétrico de $0.30 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$), acumularía 2.203 t de biomasa aérea, secuestraría 1.1 t C, es decir, $59.1 \text{ kg C año}^{-1}$ ($217 \text{ kg CO}_2 \text{ árbol}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (H. J. Andrade et al., 2023).

Pese a este potencial, aún existen brechas de información local sobre la capacidad de captura de carbono de esta especie dentro de los sistemas agroforestales cafetaleros certificados, especialmente en el distrito de Jaén, donde el café orgánico y sostenible representa una actividad económica clave. La cuantificación precisa del carbono almacenado en estos sistemas resulta fundamental para respaldar políticas de mitigación climática, estrategias de conservación y mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos. En consideración a todos estos aspectos se formuló el problema general de investigación: ¿Cuál es la cantidad de carbono capturado por los árboles de *C. alliodora* de sistemas agroforestales cafetaleros certificados, en el distrito de Jaén-Cajamarca? Los problemas específicos planteados fueron: ¿Cuál es la cantidad y distribución de árboles de *C. alliodora* existentes en las parcelas agroforestales cafetaleras certificadas del distrito de Jaén? ¿Qué cantidad de carbono es capturada por los árboles de *C. alliodora* en sus diferentes componentes (biomasa aérea y radicular), según las ecuaciones alométricas empleadas? ¿Qué variabilidad presentan los datos de carbono capturado por *C. alliodora* y qué patrones se pueden identificar a través del análisis estadístico? El objetivo general fue cuantificar el carbono capturado por los árboles de *C. alliodora* de parcelas agroforestales cafetaleras del distrito de Jaén-Cajamarca. Los objetivos específicos fueron: (i) Inventariar árboles de *C. alliodora* existentes en las parcelas; (ii) Cuantificar el carbono capturado de árboles de *C. alliodora* mediante ecuaciones alométricas

establecidas; y (iii) Elaborar análisis estadístico de datos de carbono obtenidos por fórmulas alométricas.

La investigación se desarrolló mediante el enfoque cuantitativo, empleando los métodos inductivo y analítico-sintético y de diseño no experimental, de tipo transeccional o transversal. El estudio contempló los SAF cafetaleros certificados, ubicados en las localidades: La Palma Central, Flor de Mayo, Las Delicias, El Nogal, Las Malvinas, La Unión, El Laurel, La Palma de Las Naranjas, San Miguel de Las Naranjas. En las parcelas agroforestales se realizó un inventario de 2 720 árboles en total (2418 fueron ≥ 10 cm de DAP y fueron sometidos a análisis estadísticos). La biomasa aérea y radicular se estimó mediante ecuaciones alométricas específicas para *C. alliodora*, considerando el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y densidad de la madera. Los resultados obtenidos evidencian que los árboles de *C. alliodora* contribuyen significativamente a la captura de carbono en las parcelas cafetaleras certificadas. En promedio, cada árbol evaluado mostró una acumulación de aproximadamente 109.041 ± 101.497 kg C ($\approx 400.180 \pm 372.493$ kg CO₂), lo que confirma su potencial como especie clave para estrategias locales de mitigación climática y generación de servicios ecosistémicos.

Esta investigación aporta evidencia científica sobre el rol de *C. alliodora* en la captura de carbono en sistemas agroforestales cafetaleros del distrito de Jaén, territorio estratégico para la producción de café sostenible. Los datos generados pueden sustentar iniciativas de certificación ambiental, proyectos de carbono y políticas de manejo forestal sostenible, con beneficios tanto ecológicos como socioeconómicos para los pequeños productores.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Asanok et al. (2024) estudió la “Variation of shade tree composition and carbon stock of smallholder coffee agroforestry systems along an elevation gradient in Khun Mae Kuang Forest area, northern Thailand”, publicado en la revista *Agroforestry Systems*, tuvo como objetivo: investigar la variación en la composición de árboles de sombra y las reservas de carbono de los sistemas agroforestales cafetaleros a lo largo de un gradiente de elevación en el bosque Khun Mae Kuang, provincia de Ching Mai, norte de Tailandia. El estudio se realizó en 80 parcelas con características de SAF cafetaleros, el tamaño de las parcelas de muestreo fue de 20 m x 2 m (400 m²) y se establecieron en función de cuatro rangos altitudinales (20 parcelas por rango altitudinal): (1) elevación inferior (600-800 m.s.n.m.), (2) elevación media-inferior (> 800-1000 m.s.n.m.), (3) elevación media-superior (> 1000-1200 m.s.n.m.) y (4) elevación superior (> 1200-1400 m.s.n.m.). Se examinaron las diferencias en la composición de especies y las reservas de carbono para determinar el efecto de la elevación en ambas características. La estimación de la biomasa aérea de los árboles se realizó mediante el empleo de modelos alométricos en función del Diámetro, Altura total y densidad de la madera (cuantificado para cada especie). Se inventariaron 1662 árboles de 202 especies, en la que incluían 182 especies forestales, algunas de las más representativas son: *Tectona grandis*, *Xylia xylocarpa*, *Schima wallichii*, *Trevesia palmata*, *Pittosporum kerrii*, *Pittosporum kerrii*, *Diospyros glandulosa*. Los resultados indicaron que los árboles forestales de los SAF cafetaleros ubicados en la elevación superior fueron los de mayor reserva en biomasa aérea, $416.35 \pm 56.23 \text{ t ha}^{-1}$ y stocks de carbono, $195.69 \pm 25.23 \text{ t C ha}^{-1}$. El 74 % de las reservas de carbono de la finca se encontraron

en la biomasa aérea de los árboles en la elevación superior (> 1200-1400 m.s.n.m.). Se concluye que los SAF cafetaleros desempeñan un papel importante en el almacenamiento de carbono al promover la conservación de árboles en tierras agrícolas, evitando la deforestación de los bosques y mitigando los efectos del cambio climático.

Lugo-Pérez et al. (2023) en su investigación “The importance of shade trees in promoting carbon storage in the coffee agroforest systems”, publicado en la revista *Agriculture, Ecosystems and Environment*, tuvo como objetivo: analizar la distribución y los patrones de los reservorios de carbono en fincas de café a lo largo de un gradiente de intensificación de manejo que va desde diversos sistemas sombreados hasta monocultivos de café sin sombra en la Cordillera Central de Puerto Rico. El estudio se realizó en 68 fincas de café (38 bajo sistemas agroforestales y 30 en condiciones de monocultivo) pertenecientes a 11 municipios en la región montañosa central de Puerto Rico, en parcelas de muestreo con dimensiones de 10 m x 10 m (100 m²). La metodología empleó ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea (en función del Diámetro a la altura del pecho) y biomasa de raíces gruesas (en función de la biomasa aérea), de los arbustos de café, árboles frutales (cítricos y plátanos) y árboles de sombra para posteriormente cuantificar las reservas de carbono, incluido el suelo. Entre otros árboles de sombra, los individuos de *C. alliodora* acumularon en promedio 52 kg C 100⁻¹ m⁻² en la biomasa aérea, los resultados varían entre 8-91 kg C 100⁻¹ m⁻². En promedio, los árboles de sombra en las fincas cafetaleras aportaron 25.3 ± 5.8 t C ha⁻¹ a las reservas totales (56.8 ± 5.9 t C ha⁻¹), es decir, contribuyeron con el 44.5 %. La dependencia del carbono total de la finca en los árboles de sombra es significativa, donde el carbono de los árboles de sombra explica el 96 % de toda la varianza en el carbono total de la finca. Se concluye que el cultivo de café asociado con árboles de sombra aumenta la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa y reduce la concentración de GEI en la atmósfera.

Andrade et al. (2023) en su trabajo “Growth and carbon sequestration in biomass of *Cordia alliodora* in Andean agroforestry systems with coffee”, publicado en la revista *Agroforestry Systems*, tuvo como objetivo: cuantificar el crecimiento y el secuestro de carbono de árboles de *C. alliodora* en SAF con café en el municipio de Líbano, Tolima, Colombia, mediante el desarrollo de modelos de crecimiento. La investigación se desarrolló en 11 fincas de café en condiciones de SAF con *C. alliodora* mayores a 1 ha y con sombras entre 20 y 60 %, área basal entre 0.22 y 17.8 m² ha⁻¹ y árboles entre 1 y 19 años de edad. En 90 individuos de la especie se midió el Diámetro (variando entre 4 y 76.4 cm) con una cinta diamétrica y la Altura total (variando entre 2.4 y 36.3 m) se estimó con un clinómetro. Se probaron nueve modelos de regresión no lineal para describir el crecimiento en altura, diámetro, volumen, biomasa aérea y carbono en árboles de *C. alliodora* en función de la edad. Los modelos de mejor ajuste fueron seleccionados de acuerdo al coeficiente de determinación (R^2), criterio de información de Akaike (AIC), suma de cuadrados del error residual predicho (PRESS), lógica biológica y un análisis de residuos. Los resultados mostrados señalaron que la mayor tasa de crecimiento de esta especie se alcanzó a los 4-6 años para DAP y HT (3.6 cm año⁻¹ y 2.9 m año⁻¹, respectivamente) y a los 20 años para madera y carbono (0.60 m³ árbol⁻¹ año⁻¹ y 88.9 kg C árbol⁻¹ año⁻¹, respectivamente). Además, en 20 años, un árbol de *C. alliodora* almacenaría 1.1 t C y una parcela agroforestal con 60 árboles ha⁻¹ secuestraría entre 260 t CO₂ ha⁻¹ en biomasa aérea. Se concluye que los modelos alométricos constituyen una herramienta para el manejo silvicultural de los sistemas agroforestales y sirven de apoyo para maximizar la producción de madera y el secuestro de dióxido de carbono atmosférico. También, la incorporación de la especie *C. alliodora* podría transformar la huella de carbono de estos sistemas, convirtiéndolos de emisores netos de gases de efecto invernadero a fijadores netos de CO₂ atmosférico, lo que abre la posibilidad de utilizar esta especie en proyectos de reducción de emisiones o en la producción de café carbono-neutral.

Notaro et al. (2022) en su investigación “How to increase the joint provision of ecosystem services by agricultural systems. Evidence from coffee-based agroforestry systems”, publicado en la revista *Agricultural Systems*, tuvo como objetivo: comprender los determinantes de la provisión de servicios ecosistémicos y analizar las relaciones entre estos servicios para identificar vías de intensificación agroecológica. Se evaluaron cuatro servicios ecosistémicos: tres de interés ambiental (calidad del agua, secuestro de carbono y conservación de la biodiversidad arbórea) y uno de interés económico privado (producción de café) en 82 parcelas bajo SAF cafetaleros, ubicado en el departamento de Matagalpa, Nicaragua. El estudio del carbono se realizó en parcelas de 20 m x 50 m (1000 m²), se inventariaron los árboles de sombra asociados al cultivo de café y estimaron la biomasa aérea mediante ecuaciones alométricas, utilizando como variables predictoras el Diámetro a la altura del Pecho, Altura total y la densidad de la madera (específica para cada especie). Los resultados de conservación de la biodiversidad indicaron que los sistemas agroforestales cafetaleros presentan árboles frutales (*Musa* spp., *Mangifera indica*, *Theobroma cacao*, etc.), árboles fijadores de nitrógeno (*Inga oerstediana*, *Inga punctata*, etc.), árboles maderables (*C. alliodora*, *Cedrela odorata*, etc.), y para producción de leña (*Lonchocarpus macrophyllus*, *Guazuma ulmifolia*). El mayor contenido de carbono se reportó en parcelas con densidades de árboles bajas e intermedias y el Diámetro a la altura del Pecho es el determinante esencial del aporte de carbono. El carbono acumulado en la biomasa aérea de los árboles fue en promedio 36.6 t C ha⁻¹, dependiendo del crecimiento de los árboles, las condiciones edafoclimáticas y el uso de la madera. Se concluye que los árboles de asociados al cultivo de café permiten mejorar el rendimiento y proporcionar muchos otros servicios ecosistémicos (por ejemplo, regulación de plagas y enfermedades, reciclaje de nutrientes, etc.).

Ruiz-García et al. (2022) en su tesis “Reservas de carbono en sistemas agroforestales con café (*C. arabica* L.) ante el cambio climático: caso México”, publicado en la revista

Agronomía Mesoamericana, tuvo como objetivo: simular las reservas de carbono en la biomasa aérea y suelo a una proyección de 50 años bajo la línea base y con escenarios de cambio climático en SAF cafetaleros, mediante el uso del modelo Dióxido de Carbono CO₂Fix. El trabajo se realizó en 25 fincas cafetaleras con certificación orgánica, de 30 años, con aéreas comprendidas entre 1 y 5 ha. Se estudiaron tres diseños de SAF cafetaleros: D1 (árboles de sombra-café en laderas), D2 (árboles de sombra-café-plátano en laderas) y D3 (árboles de sombra-café-plátano en el valle). Entre los árboles de sombra se destaca la especie *C. alliodora*. La biomasa aérea de los árboles se determinó mediante ecuaciones alométricas en parcelas de muestreo circular de 1000 m², donde se realizó el inventario y se midió el diámetro con una cinta diamétrica y la Altura Total con un hipsómetro Haga. Se estimó la biomasa máxima total (t ha⁻¹), así como el contenido de carbono en follaje, raíces, ramas y tallos. También, se estudió el contenido de carbono orgánico en el suelo. Los resultados indicaron que en el D1, D2 y D3, la biomasa máxima total de los árboles de sombra fue 57.15 ± 41.07, 41.33 ± 22.45 y 37.14 ± 11.92 t ha⁻¹, respectivamente. El carbono en la biomasa máxima total de los árboles de sombra se estimó en 27.43 ± 19.71, 19.83 ± 10.77 y 17.82 ± 5.72 t C ha⁻¹ para D1, D2 y D3, respectivamente. En este estudio el carbono en el suelo representó el componente con la mayor reserva de carbono (entre el 74 y 76 %). Se concluye que, para garantizar la preservación de las reservas de carbono a largo plazo, es esencial mantener la presencia de árboles de usos múltiples en los Sistemas Agroforestales cafetaleros, ya que su eliminación podría resultar en una disminución significativa de la capacidad de captura de carbono en el futuro.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vallejos-Torres et al. (2024) investigaron sobre el “Carbon reserves in coffee agroforestry in the Peruvian Amazon”, publicado en la revista *Frontiers in Plant Science*, tuvo como objetivo: cuantificar las reservas de carbono en plantaciones de café bajo diferentes manejos agrícolas y sistemas de bosque secundario en la selva amazónica peruana, región San

Martín, Perú. El estudio se realizó en cuatro tipos de cobertura vegetal: (1) café en condiciones de monocultivo (sin árboles de sombra), (2) café con árboles de sombra del género *Inga*, (3) café con policultivo (*Cedrela odorata*, *Persea americana* y *Theobroma cacao*) y (4) bosque secundario con diversidad de árboles (*Trema micrantha*, *Colubrina glandulosa*, *Cecropia sciadophylla* y *Manilkara zapota*). Se evaluó la biomasa y el carbono de los árboles en cuatro parcelas (una parcela por tipo de cobertura) con un área de 30 m × 30 m (900 m²). En cada parcela se establecieron cuatro subparcelas de 4 m × 25 m (100 m²) para facilitar la evaluación de árboles y arbustos de café, para un total de 16 subparcelas. La altura y el diámetro de los componentes leñosos se midieron utilizando un clinómetro Suunto y una cinta métrica, respectivamente. Entre otros, se utilizaron modelos alométricos para estimar la biomasa aérea (en función del Diámetro a la altura del Pecho, Altura Total y densidad de la madera) y biomasa radicular (en función de la biomasa aérea) de los árboles (especies de selva tropical). Las reservas de carbono variaron según el tipo de cobertura vegetal. Los resultados para la reserva de carbono en biomasa de los bosques secundarios fueron de 132.2 t C ha⁻¹, mientras que en los cafetales con árboles de sombra de *Inga* sp. fue de 118.2 t C ha⁻¹. Los stocks de carbono fueron de 76.5 t C ha⁻¹ en el café con policultivo, mientras que la menor cantidad de carbono se encontró en el café sin árboles de sombra (31.1 t C ha⁻¹). Se concluye que el café asociado con árboles de sombra en condiciones de SAF, secuestran cantidades significativas de carbono. El café se beneficia de la asociación micorrízica, contribuyendo en gran medida a la acumulación de carbono en la biomasa y el suelo.

Solis et al. (2020) analizaron lo referente al “Carbon stocks and the use of shade trees in different coffee growing systems in the Peruvian Amazon”, publicado en The Journal of Agricultural Science, tuvo como objetivo: evaluar las reservas de carbono y el uso de árboles de sombra en diferentes sistemas de cultivo de café en la Amazonía nororiental peruana. El estudio se desarrolló en nueve fincas cafetaleras con certificación orgánica de tres provincias

de la región San Martín, Perú: El Dorado, Lamas y Moyobamba. Se seleccionaron tres sistemas representativos de cultivo de café: (1) café bajo sombra en policultivo (árboles frutales y maderables), (2) café bajo sombra en *Inga* (*I. edulis* e *I. ruziana*) y (3) café sin sombra. La biomasa aérea de los árboles se estimó mediante mediciones en campo y ecuaciones alométricas (en función del Diámetro a la Altura del Pecho, Altura Total, densidad de la madera y la biomasa aérea para el caso de la biomasa radicular). Las reservas de carbono en la madera muerta, la hojarasca y el suelo se determinaron mediante muestreo de campo y análisis de laboratorio. La diversidad de especies de arbóreas varió entre localidades y tipos de sistemas de cultivo de café. Se registró un total de 174 árboles de sombra en todos los sitios de estudio y estos comprendían 24 especies agrupados en 12 familias. Los resultados de área basal ($25.40 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), Altura Total (10.02 m) y Diámetro a la Altura AP (16.72 cm) fueron más altos en el café de sombra bajo policultivo en comparación con el café de sombra bajo *Inga* (área basal: $19.16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, HT: 8.71 m y DAP: 13.91 cm). Las reservas de carbono en la biomasa aérea y radicular de los árboles del sistema café bajo sombra en policultivo fueron $46.1 \pm 13.3 \text{ t C ha}^{-1}$ (24.4 % de las reservas totales) y $10 \pm 2 \text{ t C ha}^{-1}$ (5.3 % de las reservas totales), respectivamente. En el caso del sistema café bajo sombra en *Inga* las reservas de carbono en la biomasa aérea y radicular fueron menores, siendo igual a $15.8 \pm 8.3 \text{ t C ha}^{-1}$ (10.8 % de las reservas totales) y $4.2 \pm 1.9 \text{ t C ha}^{-1}$ (2.9 % de las reservas totales), respectivamente. *Acrocarpus fraxinifolius*, *Cedrela odorata*, *Ficus insipida* y *Schizolobium amazonicum* fueron las cuatro especies que más contribuyeron a las reservas de carbono en el sistema café bajo sombra en policultivo. Se concluye que los SAF de café desempeñan un papel importante en el almacenamiento de carbono, a la vez que promueven la conservación de árboles útiles en los paisajes agrícolas de la Amazonía peruana.

Jezeer et al. (2019) en su proyecto “Benefits for multiple ecosystem services in Peruvian coffee agroforestry systems without reducing yield”, publicado en la revista

Ecosystem Services, tuvo como objetivos: (1) evaluar los efectos de la sombra y el manejo de insumos en el rendimiento del café, la riqueza de especies de mariposas y el almacenamiento de carbono, al tiempo que se toman en cuenta las pérdidas de rendimiento debido a plagas y enfermedades y la variación en la fertilidad del suelo y (2) identificar posibles sinergias o compensaciones entre los servicios ecosistémicos y discutir las implicaciones de la sombra y el manejo de insumos para los pequeños caficultores. El estudio contempló 162 fincas de café ubicadas en las provincias de Moyobamba, Rioja y Picota de la región San Martín, Perú. Sin embargo, el trabajo de campo se realizó en una muestra de 62 fincas. Las fincas evaluadas incluyeron sistemas desde monocultivos de café a pleno sol hasta plantaciones diversificadas con sombra. Se registraron datos sobre el rendimiento del café, el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, la riqueza de especies de mariposas, la fertilidad del suelo y el microclima mediante encuestas de hogares y mediciones de campo, junto con datos sobre las prácticas de manejo del café relacionadas con la cobertura de sombra y el uso de insumos. La estimación de la biomasa aérea de los árboles de sombra se realizó mediante un modelo alométrico que incluía la densidad específica de la madera, el Diámetro a la altura del Pecho y la Altura Total. Un tercio (33.3 %) de los árboles de sombra eran especies del género *Inga*. Los resultados mostraron que el carbono de la biomasa aérea promedio entre las plantaciones fue de $31 \pm 81 \text{ t C ha}^{-1}$, con un rango de 0 a 538 t C ha^{-1} . Además, el almacenamiento de carbono se relacionó positivamente con la cobertura de sombra. Se concluye que es posible gestionar los sistemas agroforestales de café y brindar simultáneamente múltiples servicios ecosistémicos sin reducir los rendimientos de la cosecha.

Gonzales (2018) en su tesis “Carbono almacenado en sistemas agroforestales de *Coffea arábica* L. “Café” de 4 y 7 años en relación a la gradiente altitudinal, Huánuco”, presentada ante la Universidad Nacional Agraria de la Selva, tuvo como objetivo: evaluar el carbono almacenado en SAF de *Coffea arábica* L. “Café” de 4 y 7 años en relación a la gradiente

altitudinal. La muestra del estudio fueron seis parcelas en condiciones de SAF cafetaleros con sombra de *Inga edulis* de 1 ha, de dos edades (4 y 7 años) y ubicadas en tres gradientes altitudinales de la región Huánuco, Perú: (1) 1000 m.s.n.m. (localidad Chipaquillo, provincia Dos de Mayo), (2) 1400 m.s.n.m. (localidad José María Ugarteche, provincia Leoncio Prado) y (3) 1800 m.s.n.m. (localidad Túpac Amaru, provincia Huánuco). La investigación se desarrolló bajo el método inductivo, de tipo prospectivo, de nivel explicativo y de diseño cuasiexperimental. La biomasa aérea de los árboles de sombra se evaluó en subparcelas de muestreo de 10 m x 50 m (500 m²) realizando mediciones en campo y utilizando una ecuación alométrica dependiente del Diámetro a la altura del pecho, adicionalmente se estimó el carbono en la biomasa de arbustos (incluido el café) y herbáceas, la hojarasca, el suelo y una evaluación de la rentabilidad económica. Los mejores resultados de carbono en la biomasa aérea de los árboles de *I. edulis* se reportaron en la localidad de José María Ugarteche a 1400 m.s.n.m. y SAF de 4 años; donde la biomasa aérea promedio fue 41.44 t ha⁻¹ (56.6 % de la biomasa total del sistema), aproximadamente 18.65 t C ha⁻¹. Sin embargo, la mayor reserva de carbono se encontró en el SAF de 7 años de la misma localidad, 98.88 t C ha⁻¹. Se concluye que las reservas de carbono en los SAF cafetaleros son dependiente del gradiente altitudinal, siendo mayor a altitudes medias (1400 m.s.n.m.) y menor en altitudes superiores (1800 m.s.n.m.).

Ehrenbergerová et al. (2016) estudiaron el “Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru”, publicado en la revista *Agroforestry Systems*, tuvo como objetivo: comparar la capacidad de almacenamiento de carbono del ecosistema de las plantaciones de café de agroforestería con diferentes árboles de sombra y sin sombra, tanto en los depósitos de carbono sobre el suelo como bajo el suelo. La investigación se realizó en SAF cafetaleros con certificación orgánica ubicados en el distrito de Villa Rica, región Pasco, Perú. El estudio contempló SAF cafetaleros dominados por especies del género *Inga*, *Pinus* y *Eucalyptus*; además de un sitio con cultivo de café sin sombra. La biomasa total

(aérea y radicular) y el carbono se estimaron para los árboles y los arbustos de café utilizando ecuaciones alométricas (en función del Diámetro a la altura del Pecho, Altura total, densidad de la madera y edad del árbol) específicas para cada especie dominante. Los resultados mostrados en la comparación de las reservas de carbono en las especies arbóreas dominantes en las plantaciones estudiadas arrojaron aproximadamente $115 \pm 51 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Inga* spp., $387 \pm 152 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Pinus* spp. y $270 \pm 197 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Eucalyptus* spp. El stock total de carbono para el sitio dominado por *Inga* spp. fue de $119.9 \pm 19.5 \text{ t C ha}^{-1}$, mientras que para los sitios dominados por *Pinus* spp. fue de $177.5 \pm 14.1 \text{ t C ha}^{-1}$ y para el sitio dominado por *Eucalyptus* spp. fue de $162.3 \pm 18.2 \text{ t C ha}^{-1}$. En el sitio de café sin sombra la reserva de carbono del ecosistema fue de $99.7 \pm 17.2 \text{ t C ha}^{-1}$. La mayor parte del carbono se fijó en el compartimiento del suelo (57-99 %), seguido por la biomasa arbórea sobre el suelo (23-32 %), la biomasa arbórea bajo el suelo (8-9 %), los arbustos de café (0.2-2 %) y la hojarasca (1 %). Se concluye que los SAF desempeñan un importante papel en la fijación del carbono en los paisajes agrícolas que han perdido su cubierta forestal original y que la cantidad de carbono secuestrado depende de las especies de árboles utilizadas para dar sombra.

2.1.3. Antecedentes regionales o locales

Sánchez et al. (2021) investigaron la “Captura de carbono en plantación forestal de laurel y sistema agroforestal laurel – café en la Provincia de San Ignacio”, publicado en la Revista Pakamuros, tuvo como objetivo: determinar la captura de carbono de la plantación forestal *C. alliadora* y Sistema Agroforestal *C. alliadora*-café en los distritos de Chirinos y San Ignacio de la provincia de San Ignacio. La investigación contempló el estudio de ocho parcelas (cuatro en cada distrito) y se distribuyeron homogéneamente tanto para las condiciones de plantación forestal de *C. alliadora* y *C. alliadora*-café. Se evaluó el carbono en la biomasa de los árboles y arbustos de café, hojarasca y suelo. En ambos sistemas, el estudio de carbono en la biomasa arbórea se realizó para los individuos mayores y menores de 30 cm de Diámetro a

la Altura del Pecho y se utilizó el método no destructivo en su estimación, es decir, el cálculo de la biomasa se realizó con la densidad de la madera y el factor de expansión de la biomasa para *C. alliodora*. Los resultados indicaron que en condiciones de plantación forestal, los individuos de *C. alliodora* secuestraron 387.566 t C ha⁻¹ en la biomasa aérea, mientras que, en condiciones de SAF se capturó 94.522 t C ha⁻¹ de entre la biomasa aérea de los árboles de laurel y los arbustos de café. Se concluyó que, la *C. alliodora* capturó más carbono bajo plantación forestal que en condiciones de SAF, además, ambas formas de cultivo representan importantes reservas de carbono.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El ciclo global del carbono

Los ciclos biogeoquímicos son procesos naturales esenciales que describen el movimiento e intercambio de elementos químicos a través de la zona crítica de la Tierra. Estos ciclos están intrínsecamente conectados y son influenciados por el flujo de energía, incluyendo la energía química almacenada en compuestos orgánicos. A su vez, estos ciclos desempeñan un papel fundamental en la regulación de los procesos ecológicos y están sujetos a los cambios climáticos (Dontsova et al., 2020). El ciclo global del carbono (Fig. 1) puede considerarse como una serie de depósitos de carbono en el sistema Tierra (océano, tierra y atmósfera), que están conectados por flujos de intercambio de carbono derivados de procesos físicos, químicos y biológicos (Ciais et al., 2013; Grace, 2013).

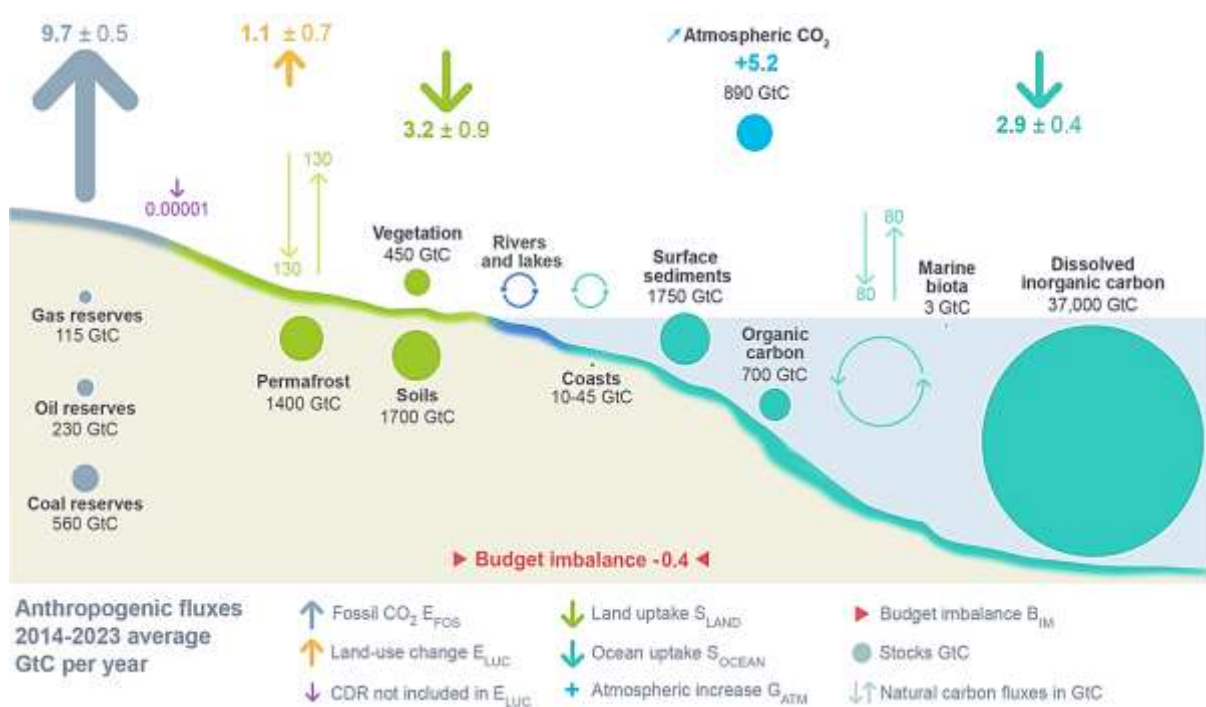
Los procesos cíclicos de intercambio de masa de carbono son de particular importancia para la biosfera global (Glikson, 2018; Keenan y Williams, 2018), tanto en los ecosistemas terrestres como oceánicos, especialmente debido a su estrecha relación con el cambio climático global (Bashkin, 2019). Los elementos básicos del ciclo global del carbono se conocen y sus componentes fundamentales se cuantifican desde hace más de medio siglo (Reichle, 2023). El conocimiento del ciclo del carbono continúa avanzando rápidamente y se documenta

continuamente nueva información (Canadell et al., 2021; Ciais et al., 2013; Friedlingstein et al., 2022, 2023, 2025; Isson et al., 2020; Melnikova et al., 2025).

El carbono es un elemento esencial para los seres vivos y fuente de energía para muchos organismos. Junto a otros cinco elementos como el hidrógeno (H), nitrógeno (N), oxígeno (O), fósforo (P) y azufre (S), constituyen la columna vertebral de las biomoléculas orgánicas. El carbono en forma de CO_2 en la atmósfera es un gas de efecto invernadero que ayuda a regular la temperatura del planeta para hacerla habitable. El carbono, en forma de petróleo, gas natural y carbón, es una fuente de energía fundamental para las actividades humanas. El carbono es también un elemento clave en los procesos de fotosíntesis y respiración de los ecosistemas terrestres (Brusseau, 2019).

Figura 1

Representación esquemática del ciclo global del carbono



Nota. La figura muestra el ciclo del carbono causado por actividades antropogénicas, promediada globalmente para la década 2014-2023. Los flujos (en Gt C año^{-1}) de intercambio entre componentes (fuentes y reservas, en Gt C) se muestran en las flechas y la leyenda. La

perturbación antropogénica se produce sobre un ciclo del carbono activo, con flujos y reservas representados en el fondo y que fueron tomados de Canadell et al. (2021) para todas las cifras, excepto para las reservas de carbono en las costas. Fuente: Friedlingstein et al. (2025).

2.2.1.1. Componentes del ciclo del carbono

La distribución y magnitud de los depósitos de carbono del planeta se especifican en la Tabla 1. Si bien el tamaño de los depósitos representa las posibles fuentes de carbono que contribuyen al CO₂ atmosférico, son los flujos, o tasas de intercambio, entre los depósitos globales los que determinan su concentración atmosférica final (Reichle, 2023). El carbono de la Tierra puede dividirse, a grandes rasgos, en dos conjuntos de reservorios: (1) el reservorio combinado de carbono superficial (océano, atmósfera y biosfera terrestre), y (2) el carbono geológico, contenido en formaciones rocosas y almacenadas en sedimentos (Hain et al., 2025).

Tabla 1

Reserva de los principales componentes del ciclo del carbono

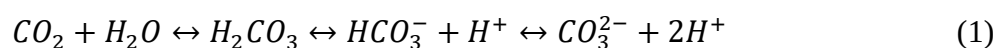
Reservorio/depósito de carbono	Valor estimado
La atmósfera	720 Gt C
Los océanos, que incluyen carbono inorgánico disuelto, biota marina viva y no viva	3 860 Gt C
La biosfera terrestre, en la que se agrupan generalmente los ecosistemas de agua dulce y la materia orgánica no viva, como el carbono del suelo	1700 Gt C
Los sedimentos:	
Sedimentos oceánicos	10 ²³ g C
Rocas carbonosas	≈ 10 ²⁴ g C
Combustibles fósiles	3 700 Gt C

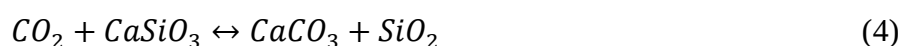
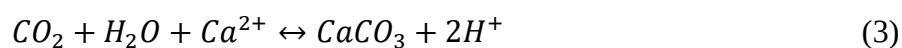
Fuente: Reichle (2023).

Conceptualmente, se pueden distinguir dos dominios en el ciclo global del carbono. El primero es un dominio rápido con grandes flujos de intercambio y cambios relativamente

acelerados de los depósitos, que consiste en carbono de la atmósfera, el océano, los sedimentos oceánicos superficiales y en la tierra en la vegetación, los suelos y las aguas dulces. Los tiempos de renovación de los depósitos, definidos como la masa de carbono dividida por el flujo de intercambio, van desde unos pocos años para la atmósfera hasta décadas o milenios para los principales depósitos de carbono de la vegetación y el suelo terrestres y los distintos dominios del océano. Un segundo dominio, lento, consiste en los enormes depósitos de carbono de las rocas y los sedimentos que intercambian carbono con el dominio rápido a través de las emisiones volcánicas de CO₂, la meteorización química, la erosión y la formación de sedimentos en el fondo marino. Los tiempos de rotación de los depósitos (principalmente geológicos) del dominio lento son de 10000 años o más. Los flujos de intercambio naturales entre el dominio lento y el rápido del ciclo del carbono son relativamente pequeños (< 0.3 PgC año⁻¹) (Ciais et al., 2013; Forzieri et al., 2017; Williams et al., 2019).

Para lograr una estabilidad a largo plazo, el sistema terrestre acoplado necesita mantener al menos cuatro delicados equilibrios: (1) el intercambio total de CO₂ atmosférico hacia y desde la superficie del océano está prácticamente equilibrado; (2) la producción primaria neta (PPN) de biomasa por fotosíntesis está prácticamente equilibrada por la respiración heterotrófica de dicha biomasa, lo que produce una acumulación y enterramiento netos relativamente bajos de carbono orgánico, (3) el suministro de cationes al océano proveniente de la meteorización continental se equilibra con el enterramiento de sedimentos oceánicos de carbonato (CaCO₃); y (4) que las fuentes geológicas de CO₂ se equilibran principalmente por la meteorización de minerales de silicato dependientes del clima y cierto enterramiento de carbono orgánico proveniente de (2), representado por las siguientes reacciones simplificadas (Hain et al., 2025):





El CO₂ se disuelve en el agua de mar (H₂O) para formar ácido carbónico, que puede liberar protones (H⁺) para formar bicarbonato e iones carbonato como parte de la química ácido-base (Ec. 1). La fotosíntesis utiliza la luz solar para convertir el carbono inorgánico de estado de oxidación 4+ (CO₂ a la izquierda) en carbono orgánico de estado de oxidación 0 (CH₂O a la derecha), secuestrando así el carbono del océano y la atmósfera y produciendo oxígeno (O₂ a la derecha), mientras que la respiración produce energía oxidando la materia orgánica de nuevo a carbono inorgánico (Ec. 2). La formación de carbonato de calcio CaCO₃ acidifica el agua de mar restante (produce H⁺ a la derecha), mientras que su disolución (de derecha a izquierda) neutraliza la acidificación del océano (Ec. 3). Las reacciones de meteorización de los minerales de silicato convierten el CO₂ en carbonato de calcio (CaCO₃) sin acidificar el océano (de izquierda a derecha en la Ec. 4) (Hain et al., 2025).

Predecir y cuantificar las interacciones entre el clima de la Tierra y el ciclo global del carbono es complicado, debido a la cantidad de retroalimentaciones involucradas en el ciclo del carbono que amplifican o atenúan los flujos de carbono. Las retroalimentaciones directas del ciclo del carbono son impulsadas por el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂. Pueden ser retroalimentaciones positivas, como el aumento de la acidificación de los océanos que reduce las tasas de absorción de CO₂, o negativas, como las estrategias exitosas de mitigación. Las retroalimentaciones indirectas influyen en el intercambio de carbono a través de las respuestas de los ecosistemas al cambio climático y se conocen como retroalimentaciones carbono-clima. Estas retroalimentaciones también pueden ser positivas, como el deshielo del permafrost del Ártico, o negativas, como los cambios en el albedo de las nubes (Reichle, 2023).

2.2.1.2. Flujos de intercambio

En el periodo 1850-2023, el sumidero (reservorio) oceánico acumuló 185 ± 35 Gt C, lo que representa una absorción del 26 % de las emisiones antropogénicas totales. En los últimos 60 años, el sumidero oceánico de CO₂ aumentó de 1.2 ± 0.4 Gt C año⁻¹ en la década de 1960 a 2.9 ± 0.4 Gt C año⁻¹ durante 2014-2023 (Friedlingstein et al., 2025). El aumento en el sumidero oceánico se debe principalmente al aumento de la concentración atmosférica de CO₂ (Gruber, Landschützer, et al., 2019; Hauck et al., 2020; Mckinley et al., 2020). La absorción oceánica de carbono antropogénico es un conjunto de procesos abióticos en dos etapas que implica el intercambio de CO₂, primero a través del límite aire-mar hacia la capa mixta superficial, seguido de su transporte hacia el interior del océano, donde se almacena durante décadas a milenios, dependiendo de la profundidad de almacenamiento (Gruber, Clement, et al., 2019).

En el periodo 1850-2023, el sumidero terrestre acumuló 220 ± 60 Gt C, el 31 % de las emisiones antropogénicas totales. El sumidero terrestre de CO₂ aumentó de 1.2 ± 0.5 Gt C año⁻¹ en la década de 1960 a 3.2 ± 0.9 Gt C año⁻¹ durante el período 2014-2023, con importantes variaciones interanuales de hasta 2 Gt C año⁻¹. De la década de 1980, el aumento del sumidero terrestre neto mundial de CO₂ se debe principalmente al efecto de fertilización (fotosíntesis) derivado del aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ (Fernández-Martínez et al., 2019; O'Sullivan et al., 2019; Schimel et al., 2015; Tagesson et al., 2020; Walker et al., 2021). El aumento de la deposición de nitrógeno (Devaraju et al., 2016; Huntzinger et al., 2017) o la sinergia entre el aumento de la deposición de nitrógeno y la concentración atmosférica de CO₂ (O'Sullivan et al., 2019), también podrían haber contribuido al aumento del sumidero global neto de CO₂ terrestre.

La masa de carbono en la atmósfera aumentó un 51 %, de 590 Gt C en 1750 a 890 GtC en 2023 (Friedlingstein et al., 2025). Las concentraciones actuales de CO₂ en la atmósfera no tienen precedentes en los últimos 2 millones de años, y la tasa actual de aumento del CO₂

atmosférico es al menos 10 veces mayor que en cualquier otro momento de los últimos 800 000 años (Canadell et al., 2021). Por ejemplo, la tasa de crecimiento del nivel de CO₂ atmosférico aumentó de $1.7 \pm 0.07 \text{ Gt C año}^{-1}$ en la década de 1960 a $5.2 \pm 0.02 \text{ Gt C año}^{-1}$ durante el período 2014-2023, con importantes variaciones decenales (Friedlingstein et al., 2025).

2.2.1.3. Presupuesto global de carbono

El presupuesto global de carbono (Tabla 2) se refiere a la media, las variaciones y las tendencias de la perturbación del CO₂ en el medio ambiente, con referencia al inicio de la era industrial (1750). Se ha cuantificado su entrada a la atmósfera mediante las emisiones de las actividades humanas; la tasa de crecimiento de la concentración atmosférica; y los cambios resultantes en el almacenamiento de carbono en los reservorios terrestres y oceánicos en respuesta al aumento de los niveles atmosféricos de CO₂, el cambio climático y la variabilidad, así como otros cambios antropogénicos y naturales (Friedlingstein et al., 2025).

Los componentes del presupuesto de CO₂ incluyen estimaciones separadas e independientes de sus emisiones en : (1) la combustión y oxidación de combustibles fósiles de todos los procesos energéticos e industriales, que también incluyen la producción de cemento y la carbonatación (E_{FOS} ; Gt C año^{-1}), y (2) las actividades humanas deliberadas en la tierra, incluidas las que conducen al cambio de uso de la tierra (E_{LUC} ; Gt C año^{-1}), y su partición entre (3) la tasa de crecimiento de la concentración atmosférica (G_{ATM} ; Gt C año^{-1}) y su absorción (los sumideros) en (4) el océano (S_{OCEAN} ; Gt C año^{-1}) y (5) en la tierra (S_{LAND} ; Gt C año^{-1}) (Friedlingstein et al., 2025).

Las emisiones globales y su distribución entre la atmósfera, el océano y la tierra están en equilibrio. Debido a la combinación de una cobertura de datos espaciales o temporales imperfecta, errores en cada estimación y términos menores no incluidos en la estimación presupuestaria, las estimaciones independientes (1) a (5) anteriores no necesariamente suman

cero. Por lo tanto, se ha estimado un desequilibrio presupuestario (B_{IM}), que es una medida del desajuste entre las emisiones estimadas y los cambios estimados en la atmósfera, la tierra y el océano, como se especifica en la ecuación 5 (Friedlingstein et al., 2025):

$$B_{IM} = E_{FOS} + E_{LUC} - (G_{ATM} + S_{OCEAN} + S_{LAND}) \quad (5)$$

Donde

B_{IM} : desequilibrio del presupuesto de carbono.

E_{FOS} : emisiones de CO₂ fósil (carbón, petróleo y gas natural) y del cemento.

E_{LUC} : emisiones de CO₂ derivadas del uso y cambio de uso del suelo.

G_{ATM} : tasa de crecimiento del CO₂ en la atmósfera.

S_{OCEAN} : sumidero oceánico.

S_{LAND} : sumidero terrestre.

Tabla 2

Presupuesto global del carbono por periodos

Componente		1750-2023	1850-2014	1850-2023	1960-2023	1850-2024
Emisiones	E_{FOS}	490 ± 25	400 ± 20	490 ± 25	410 ± 20	500 ± 25
	E_{LUC}	255 ± 75	215 ± 60	225 ± 65	90 ± 45	225 ± 65
Total de emisiones		745 ± 80	615 ± 65	710 ± 70	500 ± 50	725 ± 70
Destino	G_{ATM}	305 ± 5	235 ± 5	285 ± 5	220 ± 5	290 ± 5
	S_{OCEAN}	195 ± 40	160 ± 30	185 ± 35	130 ± 25	185 ± 35
	S_{LAND}	245 ± 65	190 ± 55	220 ± 60	150 ± 40	225 ± 60
Desequilibrio presupuestario (BIM)		0	30	25	0	20

Nota. El CO₂ acumulado durante periodos se expresa en Gt C. El B_{IM} proporciona una medida de las discrepancias entre las estimaciones casi independientes. Todos los valores se redondean a los 5 Gt C más próximos, por lo que las columnas no suman necesariamente cero. Fuente: (Friedlingstein et al., 2025).

2.2.2. Efecto invernadero y calentamiento global

Las preocupaciones por entender y analizar el efecto invernadero se remontan a más de dos siglos. En 1820, el físico y matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier, mientras estudiaba el origen de antiguos glaciares y capas de hielo que en el pasado cubrían gran parte de Europa, propuso que algún elemento presente en la atmósfera era el responsable de la temperatura en la superficie terrestre. Varias décadas más tarde, el físico irlandés John Tyndall retomó la hipótesis de Fourier y, utilizando un termómetro multiplicador desarrollado por Macedonio Melloni, demostró que el CO₂ tenía una capacidad de absorción de calor mucho mayor que la de otros gases. Esta observación coincidía con lo planteado por Fourier y permitía identificar al CO₂ como el componente atmosférico al que se refería. Por ello, Tyndall fue reconocido como el descubridor del efecto invernadero causado por el CO₂ (Letcher, 2019, 2021).

Vincular la presencia de CO₂ en la atmósfera con la quema de combustibles fósiles representó el paso final para comprender tanto las causas de las eras glaciares como del actual cambio climático. En la década de 1890, el científico y profesor sueco Svante August Arrhenius, mientras realizaba investigaciones en el ámbito de la electroquímica, publicó un estudio en el que exponía cómo las variaciones en la concentración de CO₂ en la atmósfera podían provocar un aumento en la temperatura de la superficie terrestre. Por esta razón, el nombre de Arrhenius quedó asociado con la teoría del calentamiento global causado por el efecto invernadero (Letcher, 2019, 2021).

Inicialmente, los cálculos de Arrhenius fueron ignorados, ya sea por considerarlos poco relevantes o por creer que contenían errores. Algo similar ocurrió con el canadiense Guy Stewart Callendar, quien en 1938 advirtió que los niveles de CO₂ en la atmósfera estaban aumentando. No fue sino hasta la década de 1960, cuando el científico estadounidense Charles David Keeling midió sistemáticamente la concentración de este gas en el Observatorio Mauna Loa, en Hawái, y evidenció un incremento constante, que la comunidad científica comenzó a

reconocer que el calentamiento global era un fenómeno real y que su causa principal era la actividad humana (Letcher, 2019, 2021).

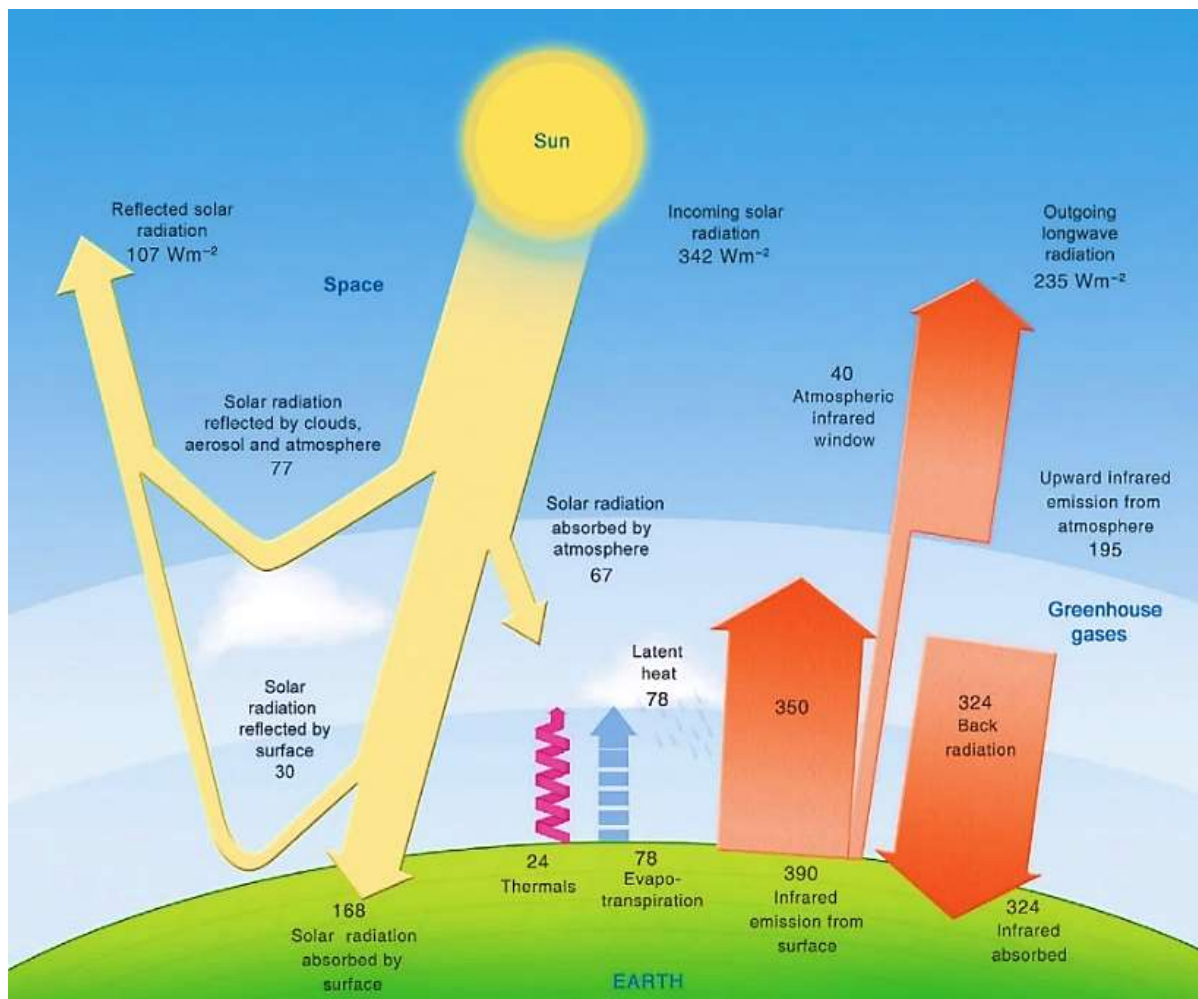
La interacción entre la radiación entrante y saliente que calienta la Tierra se conoce como efecto invernadero. La radiación ultravioleta (UV) entrante atraviesa fácilmente las paredes de vidrio de un invernadero y es absorbida por las plantas y las superficies duras del interior. Sin embargo, la radiación infrarroja (IR), más débil, tiene dificultad para atravesar las paredes de vidrio y queda atrapada en el interior, calentando el invernadero. Este efecto permite que las plantas tropicales prosperen dentro de un invernadero, incluso durante un invierno frío. El efecto invernadero es un proceso natural con millones de años de antigüedad. Desempeña un papel fundamental en la temperatura global de la Tierra (Kweku et al., 2018).

Cuando la luz solar alcanza la superficie terrestre, parte de ella se absorbe, lo que calienta el suelo, y parte regresa al espacio en forma de calor. La mayoría de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera absorben y luego transmiten parte de este calor a la Tierra. El efecto invernadero es un factor fundamental para mantener la temperatura de la Tierra, ya que retiene parte del calor del planeta que, de otro modo, escaparía de la atmósfera hacia el espacio. De hecho, sin el efecto invernadero, la temperatura media global de la Tierra sería mucho más fría y la vida en la Tierra, tal como la conocemos, no sería posible. La diferencia entre la temperatura media real de la Tierra, de 14 °C, y la temperatura efectiva esperada, solo con la radiación solar, de -19 °C, nos da la intensidad del efecto invernadero, que es de 33 °C (Kweku et al., 2018; Sørensen, 2017; Syukuro, 2019; Tuckett, 2019). El término “gas de efecto invernadero” se refiere a una cuestión espectroscópica (Tuckett, 2019). De la radiación solar incidente, el 29 % se refleja al espacio como radiación de longitud de onda corta, mientras que el 71 % finalmente escapa como radiación de longitud de onda larga tras un retraso causado por los procesos de absorción y emisión (Fig. 2) (Sørensen, 2017). Los gases más comunes incluyen el vapor de agua, los clorofluorocarbonos (CFC), los

hidrofluorocarbonos (HFC), el CO₂, el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el ozono (O₃) (Jalota et al., 2018; Kirk-Davidoff, 2018; Yoro y Daramola, 2020). Aunque el vapor de agua es posiblemente el gas natural más abundante, el CO₂ es el más emitido por actividades humanas (Yoro y Daramola, 2020).

Figura 4

El balance energético de la superficie terrestre



Nota. Las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes de las actividades humanas están provocando el calentamiento global. Fuente: Maximillian et al. (2019).

La temperatura y el clima de nuestro planeta han sido más o menos constantes durante casi un millón de años y es bajo este régimen climático, los ecosistemas y la vida humana han evolucionado. El mecanismo fundamental que conduce al calentamiento de nuestro planeta es el efecto invernadero (Letcher, 2019). El calentamiento global se refiere al aumento de la temperatura de la superficie de la atmósfera, los océanos y la masa terrestre de la Tierra. El incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero provoca que la atmósfera retenga una mayor cantidad de radiación térmica de onda larga que emite la Tierra, lo cual reduce o bloquea la disipación del calor hacia el espacio y genera un aumento en la temperatura de la superficie terrestre (Prasad et al., 2017).

La energía solar llega a la Tierra en forma de radiación de onda corta, de la cual aproximadamente la mitad corresponde al espectro visible, entre 400 y 700 nm. Al alcanzar la superficie terrestre, la mayor parte de esta radiación es absorbida y transformada en calor. A medida que la superficie se calienta, comienza a emitir una mayor cantidad de radiación infrarroja de onda larga. Parte de esta radiación es absorbida por la atmósfera, que posteriormente la reemite hacia la superficie del planeta (Prasad et al., 2017). Por ejemplo, La temperatura global aumentó más de 0.4 °C durante los últimos dos años; el promedio de 12 meses alcanzó un máximo de +1.6 °C en agosto de 2024 en relación con la temperatura de principios del siglo pasado (el promedio de 1880-1920) (Hansen et al., 2025).

2.2.3. Cambio climático

Durante casi un millón de años, el clima del planeta ha permanecido estable, lo que ha permitido el desarrollo favorable de los ecosistemas y de la vida humana (Letcher, 2021). A lo largo de los últimos 650 000 años, los cambios climáticos ocurrieron de forma gradual, con avances y retrocesos de los glaciares, siendo el último de estos eventos hace aproximadamente 11 700 años. Estas variaciones estaban relacionadas con cambios en la órbita terrestre y la cantidad de energía solar recibida. Sin embargo, desde mediados del siglo XX, el clima ha

comenzado a cambiar a un ritmo mucho más acelerado, y la causa principal ya no es geofísica, sino humana (Loucks, 2021).

El cambio climático es una alteración a largo plazo de los patrones climáticos globales (Fig. 3), principalmente causada por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y los cambios en el uso del suelo, que incrementan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, provocando fenómenos como el aumento de temperaturas, el deshielo de los polos, cambios en las precipitaciones y eventos meteorológicos extremos (Dai et al., 2020; Gabric, 2023; Kavehei et al., 2021; Rawat et al., 2019; Tong et al., 2022). Por ejemplo, la temperatura global en superficie en las dos primeras décadas del siglo XXI (2001-2020) fue 0.99 °C superior a la de 1850-1900 (IPCC, 2023b).

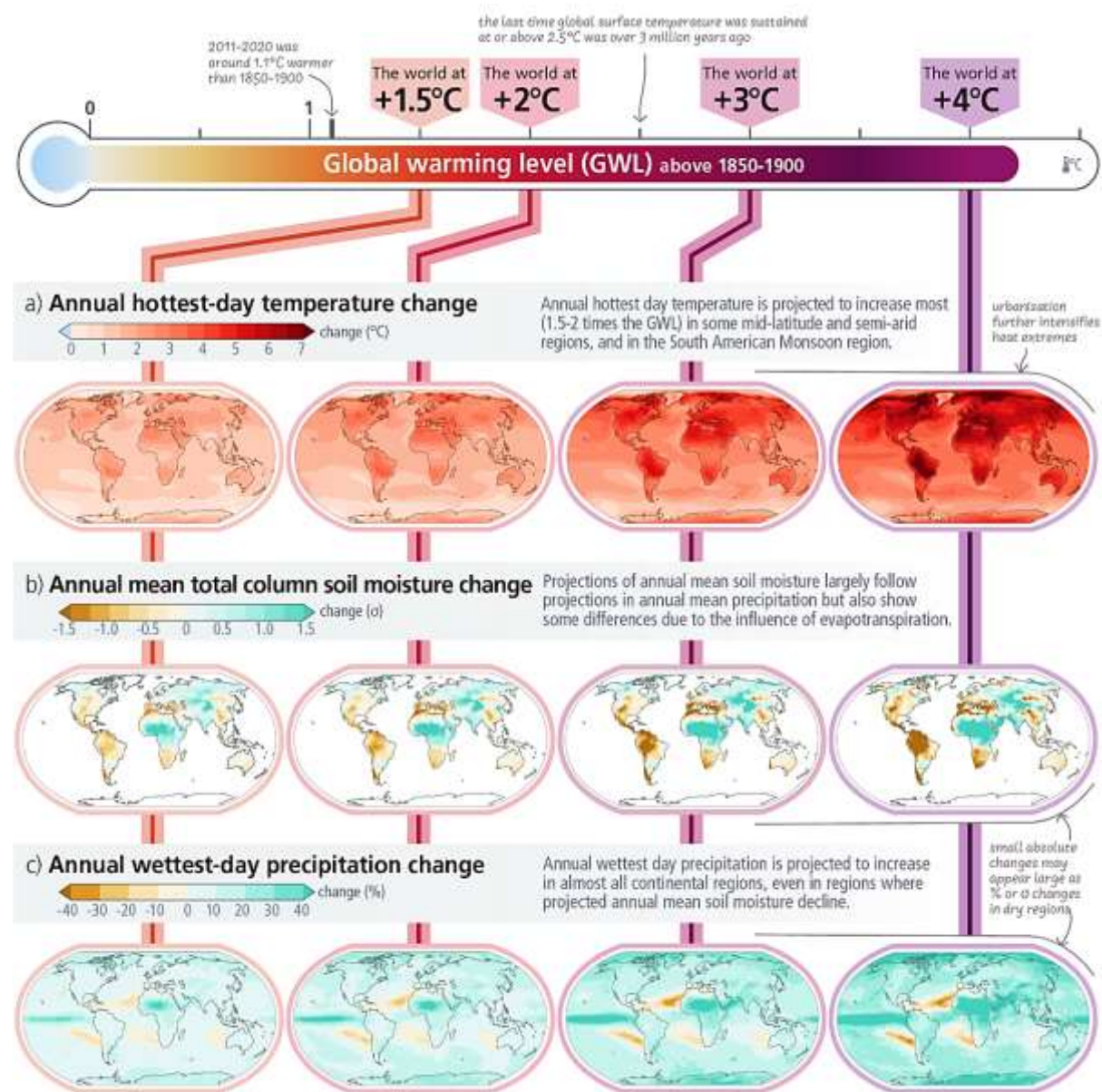
2.2.3.1. Impactos climáticos y fenómenos meteorológicos extremos

El sufrimiento humano se ve agravado de manera significativa por los fenómenos meteorológicos extremos y los desastres climáticos, ya que el aumento de las olas de calor y las lluvias intensas sobrepasa considerablemente los registros históricos (Robinson et al., 2021). El rápido incremento de las temperaturas globales ha disparado la frecuencia de calores extremos, lo que conlleva a consecuencias adversas para las personas como muertes directas, mayores costos en atención médica, problemas de salud mental y un aumento en la mortalidad por enfermedades cardiorrespiratorias (Ebi et al., 2021), afectando ya a miles de millones.

De hecho, la mortalidad asociada al calor está en franco aumento a nivel mundial, como lo demuestra el incremento del 117% en las muertes por esta causa en Estados Unidos entre 1999 y 2023 (Howard et al., 2024), y desastres como las olas de calor en Asia, con más de mil fallecidos y temperaturas de hasta 50 °C (Ripple et al., 2024). Dado el comportamiento no lineal del sistema terrestre, se anticipa que la frecuencia de estos eventos extremos y desastres, con sus impactos en la flora y la fauna (Robinson et al., 2021).

Figura 7

Cambios proyectados en los patrones climáticos globales a niveles de calentamiento global de 1.5, 2, 3 y 4 °C en relación con el periodo 1850-1900



Nota. La figura muestra la simulación de (a) cambio de temperatura máxima anual (°C), (b) humedad media total anual del suelo, (c) cambio de precipitación máxima diaria anual (%). Los cambios corresponden a los cambios medianos del modelo múltiple CMIP6. En los paneles (b) y (c), los grandes cambios relativos positivos en las regiones secas pueden corresponder a pequeños cambios absolutos. Fuente: IPCC (2023).

El rango probable del aumento total de la temperatura global en superficie provocado por el hombre desde 1850-1900 hasta 2010-2019 es de 0.8 a 1.3 °C. El nivel medio global del mar aumentó 0.20 m entre 1901 y 2018. Aproximadamente entre 3 300 y 3 600 millones de personas viven en contextos altamente vulnerables al cambio climático. La vulnerabilidad humana y la de los ecosistemas son interdependientes. El cambio climático ha causado daños sustanciales, y pérdidas cada vez más irreversibles, en ecosistemas diversos. El cambio climático ha reducido la seguridad alimentaria y ha afectado a la seguridad hídrica, obstaculizando los esfuerzos para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. (IPCC, 2023b).

2.2.3.2. Mitigación y adaptación al cambio climático

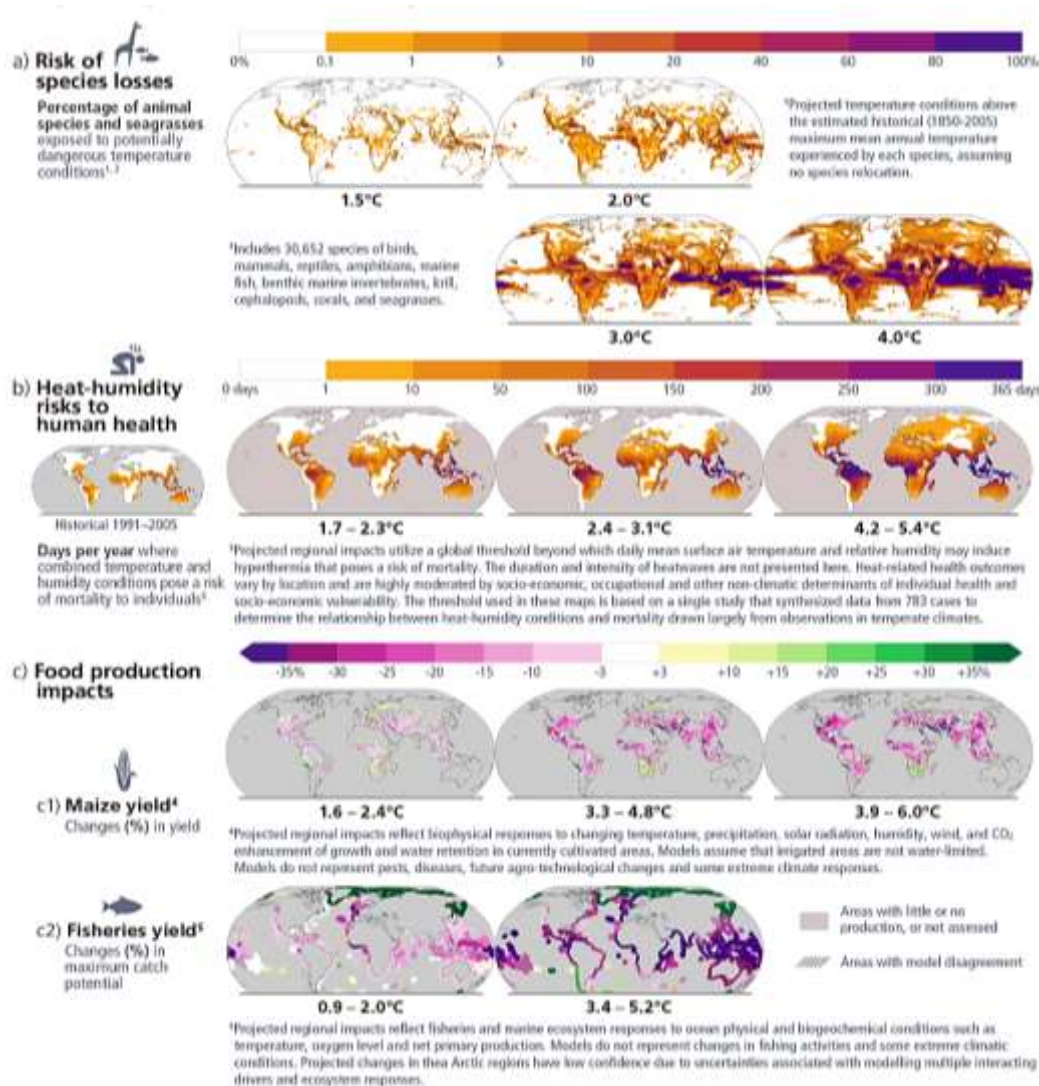
A pesar de los seis informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC, las 28 reuniones de la Conferencia de las Partes – COP, cientos de otros informes y decenas de miles de artículos científicos, el mundo ha logrado avances muy limitados en la lucha contra el cambio climático, en parte debido a la férrea resistencia de quienes se benefician económicamente del actual sistema basado en combustibles fósiles. Actualmente, la humanidad va en la dirección equivocada, y el creciente consumo de combustibles fósiles y el aumento de las emisiones de GEI conducen hacia una catástrofe climática. Es evidente el peligro del colapso climático (Ripple et al., 2024). El cambio climático plantea un desafío ambiental significativo en este mundo moderno, que exige la implementación de estrategias tanto de adaptación como de mitigación para abordar sus efectos (Rawat et al., 2024).

Para abordar el cambio climático, se emplean dos estrategias principales: la mitigación y la adaptación. La mitigación busca frenar el ritmo del calentamiento global y la ocurrencia de fenómenos extremos al disminuir las concentraciones de GEI (Cardinael et al., 2021), ya sea reduciendo sus emisiones o aumentando su captura en sumideros de carbono. Por su parte, la adaptación consiste en implementar estrategias para ajustarse a los efectos climáticos, tanto

presentes como futuros, con el fin de reducir la vulnerabilidad, moderar los daños y aprovechar posibles oportunidades, fortaleciendo así la capacidad de resiliencia (Zhao et al., 2018).

Figura 10

Riesgos e impactos proyectados del cambio climático en los sistemas naturales y humanos a diferentes niveles de calentamiento global en relación con los niveles del periodo 1850-1900



Nota. Se muestra los riesgos e impactos proyectados: (a) Pérdida de especies, experimentada por cada especie, a niveles de calentamiento global de 1.5, 2, 3 y 4 °C. (b) Riesgo para la salud humana, según los días por año de exposición desde 1991-2005 y con niveles de agua superficial (WGL) de 1.7-2.3 °C, 2.4-3.1 °C y 4.2-54 °C. (c) Impactos en la producción de alimentos. Fuente: IPCC (2023).

2.2.4. Sistemas agroforestales cafetaleros

El cafeto (*Coffea arabica* L.), es oriundo de los bosques montañosos del suroeste de Etiopía (Duressa, 2018). El cultivo de café se distribuye en la región intertropical del planeta, comprendido entre el trópico de capricornio y el trópico de cáncer (Franca y Oliveira, 2019). En el Perú, la cadena productiva del café involucra a más de 220 mil familias de 11 regiones, donde la parte nororiental (Cajamarca, Amazonas y San Martín) contribuye con el 50 % de la producción total (Robiglio et al., 2017). El café es una de las bebidas más consumidas en el mundo (Lim et al., 2019). Debido a su impacto favorable en el crecimiento económico y el producto interno bruto, el cultivo de café ha ganado una importancia creciente en la economía global, especialmente para las naciones en desarrollo y menos adelantadas, que ven en sus ingresos por exportación un motor fundamental para su desarrollo (Al-Abdulkader et al., 2017). Por ejemplo, en 2023 las exportaciones peruanas de café ascendieron a 204 548.44 t, lo que generó 827.532 millones de USD (FAOSTAT, 2025).

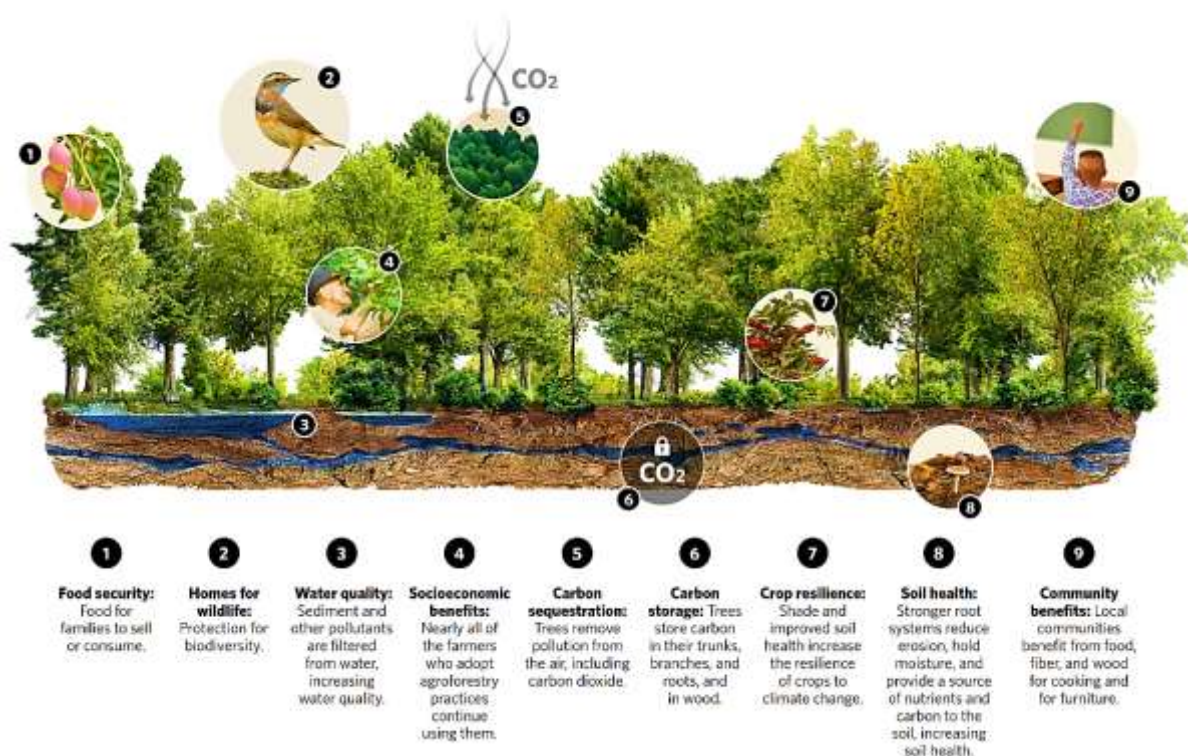
Los sistemas agroforestales cafetaleros representan una forma de cultivo en la que se combinan los arbustos de café con una gran diversidad de especies arbóreas (sombra) (Cessa-Reyes et al., 2020; Farfán, 2020) para obtener beneficios medioambientales, económicos y sociales (Buyinza et al., 2025). La gestión del cultivo de café en un SAF difiere de la de un sistema de monocultivo en todas las etapas, desde la preparación de la plantación, la siembra, el mantenimiento, la cosecha, la postcosecha y la comercialización (Sanudin et al., 2024).

Los sistemas agroforestales cafetaleros ofrecen significativos beneficios tanto ambientales como sociales (Fig. 5). Desde una perspectiva ecológica, contribuye a la conservación y mejora de la calidad del suelo al incrementar la materia orgánica, facilitar la fijación de nitrógeno y promover el reciclaje de nutrientes, además de modificar positivamente el microclima del cultivo y fomentar la diversificación para una mayor sostenibilidad. En el ámbito social, la presencia de árboles en los cafetales proporciona confort a los agricultores al

protegerlos de las inclemencias del tiempo y contribuye al embellecimiento del paisaje (Farfán, 2020).

Figura 13

Múltiples beneficios que los SAF cafetaleros aportan a las comunidades y a la naturaleza



Nota. Son múltiples los servicios ambientales que brindan los sistemas agroforestales. Fuente: Cudemus et al. (2024).

El sector cafetalero es una de las principales industrias comprometidas con la consecución de la neutralidad de carbono (Birkenberg et al., 2021). Los sistemas agroforestales son mundialmente reconocidos como agentes de mitigación del cambio climático debido a su capacidad potencial para fijar y almacenar carbono en la biomasa y el suelo (Clemente-Arenas, 2021; Golicz et al., 2022; Huera-Lucero et al., 2024; Mazumder et al., 2025; Muthuri et al., 2023); en particular los SAF cafetaleros (Cudemus et al., 2024; Nandakishor et al., 2022; Ruiz-García et al., 2022; Valdés-Velarde et al., 2022; Walsh et al., 2025).

En los sistemas agroforestales, la captura de carbono es un proceso dinámico que evoluciona por fases. Inicialmente, durante el establecimiento del sistema, es probable que se produzca una liberación de gases de efecto invernadero debido a la pérdida de carbono y nitrógeno de la vegetación y el suelo. A esta etapa le sigue un período de acumulación rápida y maduración, donde se almacenan grandes cantidades de carbono en la biomasa de los árboles (troncos, ramas, raíces) y en el suelo. Sin embargo, al final del ciclo, con la cosecha de los árboles y la reconversión del terreno, parte de este carbono se libera nuevamente a la atmósfera (Dixon, 1995). Por lo tanto, para que el secuestro de carbono se considere efectivo, debe resultar en un balance neto positivo, es decir, un aumento real del carbono almacenado en comparación con las reservas iniciales después de transcurridas varias décadas (Feller et al., 2001).

La incorporación del componente arbóreo en SAF cafetaleros conlleva impactos ecológicos profundamente beneficiosos y multifuncionales. La presencia de árboles contribuye de manera determinante a la estabilización del microclima, al moderar las temperaturas extremas, conservar la humedad relativa y disminuir la velocidad del viento, creando condiciones óptimas para el desarrollo fisiológico de las especies vegetales del estrato inferior (Gomes et al., 2020; Moreira et al., 2018). Además, los árboles actúan como agentes fundamentales en la mejora de la calidad edáfica, al promover el reciclaje eficiente de nutrientes, minimizar los procesos erosivos y favorecer la estructura del suelo. Esta dinámica se traduce en mejoras sustanciales de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y microbiológicas (DaMatta y Rodríguez, 2007; Farfán, 2014), consolidando así su rol como elementos clave en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafetaleros. El carbono es dependiente de las especies arbóreas, en sistemas agroforestales cafetaleros más del 70 % del carbono total se almacena en la biomasa (aérea y radicular) de los árboles de sombra (Ararsa y

Endalamaw, 2024), y estos pueden explicar más del 95 % de la varianza del carbono total (Lugo-Pérez et al., 2023).

2.2.5. *Cordia alliodora*

C. alliodora R. & P. Oken (Fig. 6), comúnmente conocido como laurel, barejon o chachacaspi, es una especie arbórea popular en los SAF cafetaleros en muchas partes del mundo (H. J. Andrade et al., 2023; Lugo-Pérez et al., 2023; Segura et al., 2006), en Perú (López y Arellanos, 2022) y las provincias de Jaén y San Ignacio en la región Cajamarca (Barturén, 2018; Cieza, 2019; Sánchez et al., 2021). *C. alliodora* pertenece a la familia Cordiaceae (Luebert et al., 2016), es una especie nativa del trópico americano (Valdivieso et al., 1998). Esta especie se desarrolla naturalmente en los bosques de neblina de Jaén y San Ignacio, en Cajamarca, Perú, en altitudes de hasta 1000 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 22 °C. Demanda de suelos bien drenados, de textura franco arenosa y forma bosques densos, alcanzando alturas de hasta 30 metros y diámetros de tronco de hasta 70 cm (Pérez y Maquen, 2013).

2.2.5.1. Distribución geográfica y hábitat

C. alliodora se distribuye por toda la América tropical (Moroni et al., 2022), desde el sur de México hasta el límite meridional suramericano, entre los 25° de latitud sur y 25° de latitud norte (Farfán, 2007).

2.2.5.2. Descripción botánica

A. Árbol: Dominante, con una altura total de entre 18-20 m, diámetro de 45-70 cm, la altura comercial corresponde al 80 % del fuste, copa globosa monopodial, ramas ascendentes verticiladas, fuste cilíndrico y recto, algunas veces acanaladas (Pérez y Maquen, 2013).

B. Tallo: El tronco es recto y presenta entre 60-70 % de su longitud libre de ramas. En árboles jóvenes, la corteza tiene un tono marrón oscuro, con una

cobertura de líquenes blancos y pocas grietas. A medida que el árbol madura, el tallo adquiere un color más claro, casi blanquecino, y se vuelve más agrietado (Farfán, 2007).

C. Corteza externa: Presenta un color que varía del marrón al blanquecino en aproximadamente el 50-60 % de su longitud. Su superficie es agrietada y, en árboles maduros, el ritidoma es leñoso. En cambio, los ejemplares jóvenes tienen una corteza lisa de tono verde oscuro (Pérez y Maquen, 2013).

D. Corteza interna: Es de tono crema, pero se oscurece rápidamente a un marrón intenso al entrar en contacto con el oxígeno del aire. Su textura es fibrosa y laminada, contiene una savia fluida, y el grosor del tejido va de 4 a 14 mm (Pérez y Maquen, 2013).

E. Copa: La copa es angosta y con forma ligeramente piramidal, con ramas dispuestas en niveles que tienden a secarse progresivamente a medida que el árbol crece en altura (Farfán, 2007).

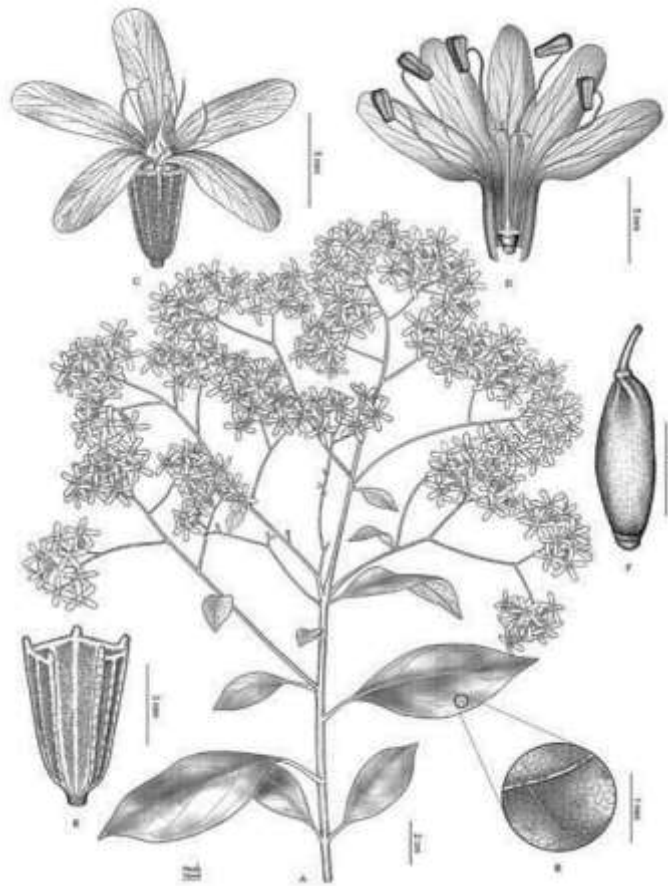
F. Hojas: Las hojas son de un tono verde amarillento y tienen un aspecto brillante (Farfán, 2007). Son simples, con dos lóbulos, de bordes ligeramente ondulados y puntas algo agudas; la base también es aguda. Presentan nervaduras pinnadas que se curvan en dirección oblicua. Su tamaño varía entre 2.5 y 5 cm de ancho y entre 4 y 13 cm de largo (Pérez y Maquen, 2013).

G. Flores: Las flores miden aproximadamente 1 cm tanto de largo como de ancho y cuentan con cinco pétalos blancos. Cada inflorescencia puede contener entre 50 y 3 000 flores. Estas producen néctar y son polinizadas por abejas y diversos insectos (Farfán, 2007).

H. Fruto: En forma de fruta o nuez carnosa (Farfán, 2007).

Figura 16

Cordia alliodora Ruiz & Pavon Oken



Nota. A: rama florífera, aspecto general. B: detalle de la superficie abaxial de la lámina foliar. C: fruto. D: corola desplegada y detalle del androceo y el gineceo. E: cáliz desplegado. F: fruto. Fuente: Moroni et al. (2022).

2.2.5.3. Fenología

La floración ocurre durante el verano, específicamente en los meses de diciembre y enero, mientras que la fructificación se extiende desde febrero hasta bien avanzado el otoño (Moroni et al., 2022). *C. alliodora* inicia su floración y fructificación a una edad temprana, produciendo semillas viables desde los cinco años. En los bosques de neblina de Jaén y San Ignacio, el periodo de floración comienza en noviembre y se extiende hasta abril. La

fructificación ocurre entre mayo y junio, y las semillas alcanzan su madurez entre junio y julio (Pérez y Maquen, 2013).

2.2.5.4. Usos

Conservacionista, maderable, medicinal y también es empleado en el sector construcción. Empleado en el establecimiento de sistema agroforestal, *C. alliodora* es muy valorado por su copa angosta, su rápido desarrollo, su capacidad de autopoda y por generar madera de alta calidad apta para la ebanistería. Se instala bajo sistema agroforestal permanente (asociado al café), sistema agroforestal temporal (asociado a cultivos semianuales o anuales) y como barrera viva (linderos de los cultivos) (Farfán, 2007).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Adaptación

En los sistemas humanos, proceso de ajuste al clima real o previsto y a sus efectos, con el fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, proceso de ajuste al clima real y a sus efectos; la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima previsto y a sus efectos (IPCC, 2023a).

2.3.2. Biomasa

Masa de la materia orgánica viva o muerta de un organismo, expresada en masa de materia seca. Para un árbol, la unidad de medida es el kg o sus múltiplos. Por extensión, la biomasa de una zona es la suma de las biomásas de los organismos que se encuentran en esa zona. La unidad de medida es el kg (o sus múltiplos) por unidad de superficie. (Picard et al., 2012, p. 217)

2.3.3. Calentamiento global

El calentamiento global se refiere al aumento de la temperatura global en superficie con respecto a un periodo de referencia, promediado durante un periodo suficiente para eliminar las variaciones interanuales (por ejemplo, 20 o 30 años). Una elección común para la línea de

base es 1850-1900 (el período más antiguo de observaciones fiables con suficiente cobertura geográfica), con líneas de base más modernas utilizadas dependiendo de la aplicación (IPCC, 2023a).

2.3.4. Cambio climático

Cambio en el estado del clima que puede identificarse (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) por cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un periodo prolongado, normalmente décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo (IPCC, 2023a).

2.3.5. Captura de carbono

Incremento del contenido de carbono en un reservorio distinto de la atmósfera (UN Environment, 2019). Este proceso ocurre a una cierta velocidad, lo que implica que el tiempo es un factor relevante, y su tasa puede expresarse en unidades como toneladas de carbono por hectárea por año ($\text{tC ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) (Nair y Nair, 2014).

2.3.6. Sumidero de carbono

Son aquellos almacenes que aprisionan, absorben y retienen una cantidad de dióxido de carbono (CO_2) superior a la que liberan al ambiente. Este fenómeno es de gran importancia en la disminución de los niveles de CO_2 en la atmósfera, un gas de efecto invernadero que contribuye significativamente al aceleramiento del cambio climático. (UN Environment, 2019).

2.3.7. Secuestro de carbono

Proceso o la actividad que implica la remoción de gases de invernadero de la atmósfera. (Nair y Nair, 2014).

2.3.8. Ciclo del carbono

El flujo de carbono (en diversas formas, por ejemplo, como CO₂), carbono en la biomasa y carbono disuelto en el océano como carbonato y bicarbonato) a través de la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera terrestre y marina y la litosfera (IPCC, 2021).

2.3.9. Dióxido de carbono (CO₂)

Es gas natural, es también un subproducto de la combustión de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), de la quema de biomasa, de los cambios en el uso del suelo y de los procesos industriales (por ejemplo, la producción de cemento). Es el principal GEI antropogénico que afecta al equilibrio radiactivo de la Tierra. Es el gas de referencia con respecto al cual se miden otros gases y, por tanto, tiene un potencial de calentamiento global de 1 (IPCC, 2021).

2.3.10. Ecuación alométrica

Es una expresión matemática que cuantifica las relaciones alométricas, permitiendo estimar una característica de un árbol, generalmente su biomasa, a partir de otra variable medible, como su diámetro (Picard et al., 2012).

2.3.11. Efecto invernadero

Efecto radiactivo infrarrojo de todos los componentes de la atmósfera que absorben infrarrojos. Los gases, las nubes y algunos aerosoles absorben la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra y otras partes de la atmósfera. Estas sustancias emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, pero, en igualdad de condiciones, la cantidad neta emitida al espacio suele ser inferior a la que se habría emitido en ausencia de estos absorbentes, debido al descenso de la temperatura con la altitud en la troposfera y al consiguiente debilitamiento de la emisión. Un aumento de la concentración de GEI aumenta la magnitud de este efecto; la diferencia se denomina a veces efecto invernadero reforzado. El cambio en la concentración de un GEI debido a las emisiones antropogénicas contribuye a un forzamiento radiactivo

instantáneo. La temperatura de la superficie de la Tierra y la troposfera se calientan en respuesta a este forzamiento, restableciendo gradualmente el equilibrio radiactivo en la parte superior de la atmósfera (IPCC, 2021).

2.3.12. Fotosíntesis

La producción de carbohidratos en plantas, algas y algunas bacterias utilizando la energía de la luz (IPCC, 2021).

2.3.13. Gases de efecto invernadero (GEI)

Componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación emitida por la superficie terrestre, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad provoca el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y el ozono (O_3) son los principales GEI de la atmósfera terrestre. Los GEI de origen humano incluyen el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC), los clorofluorocarbonos (CFC) y los perfluorocarbonos (PFC); varios de ellos también agotan el O_3 (y están regulados por el Protocolo de Montreal) (IPCC, 2023a).

2.3.14. Mitigación

Una intervención humana para reducir las emisiones o mejorar los sumideros de GEI (IPCC, 2023a).

2.3.15. Potencial de calentamiento global

Índice que mide el forzamiento radiactivo tras la emisión de una unidad de masa de una sustancia determinada, acumulada durante un horizonte temporal elegido, en relación con el de la sustancia de referencia, el CO_2 . El potencial de calentamiento global representa así el efecto combinado de los diferentes tiempos de permanencia de estas sustancias en la atmósfera y su eficacia para provocar un forzamiento radiactivo (IPCC, 2021).

2.3.16. Resiliencia

Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ecológicos interconectados para hacer frente a un suceso peligroso, una tendencia o una perturbación, respondiendo o reorganizándose de forma que mantengan su función, identidad y estructura esenciales. La resiliencia es un atributo positivo cuando mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y/o transformación (IPCC, 2023a).

2.3.17. Sistema agroforestal (SAF) cafetalero

Un SAF cafetalero es un conjunto de prácticas de manejo del cultivo, donde se combinan especies arbóreas en asocio con el café o en arborización de las fincas, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias cafeteras. (Farfán, 2014, pp. 32–33)

2.3.18. Sumidero de carbono

La cantidad de carbono presente en un reservorio, entendido como un sistema capaz de almacenar o liberar carbono (UN Environment, 2019). A diferencia de los flujos, las existencias de carbono (expresadas en toneladas por hectárea, $t\ ha^{-1}$) no incorporan el componente temporal (Nair y Nair, 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El distrito de Jaén se ubica políticamente en la provincia del mismo nombre, región Cajamarca. Se encuentra ubicado en las coordenadas UTM: 718000 y 742642 m E y 9345000 9375000 m N, abarcando una extensión de 55 400 ha, su capital la ciudad de Jaén se ubica a 729 ms. n.m. Limita al norte con la provincia de San Ignacio, al sur con Cutervo, al este con Amazonas y al oeste con Piura.

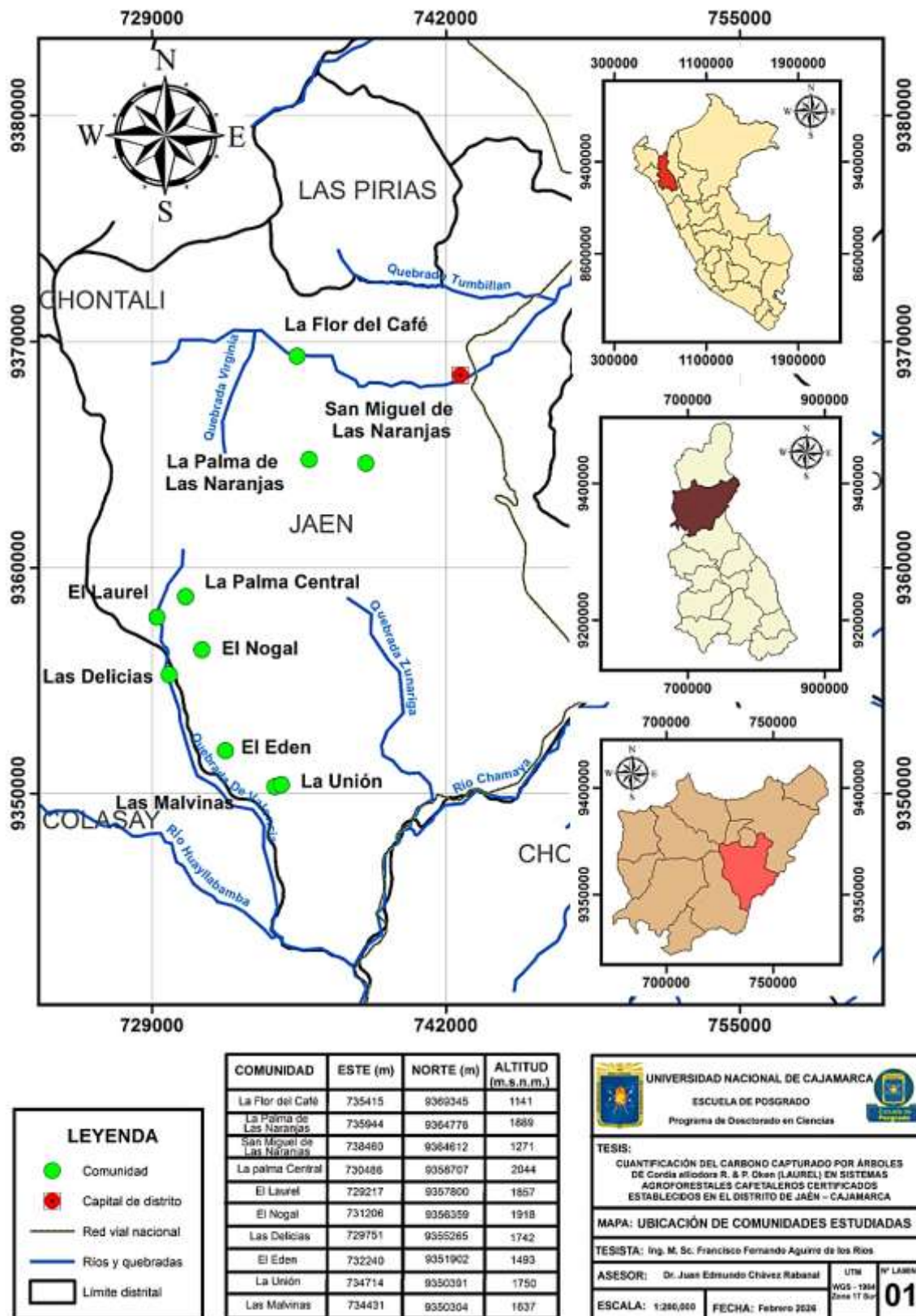
Se encuentra a unos 277 km (aprox. 6-7 horas en auto) de la ciudad de Cajamarca, la capital del departamento. El territorio de la provincia de Jaén es una de las áreas de mayor interrelación regional e integración cultural entre el espacio andino y el amazónico. Su economía está basada en la agricultura, el comercio, la exportación de café, entre otros. Es atravesada por el ramal interior de la cordillera Occidental de los Andes, que en esta zona se llama Andes del Chamaya, por Weberbauer. El ramal exterior de dicha cordillera está ubicado al oeste del río Huancabamba y la cordillera oriental de los Andes, está ubicada al este del río Marañón. Los Andes del Chamaya son un solo conjunto montañoso. Se señala generalmente la existencia de cordilleras menores o de baja altura confortantes del conjunto, estas son:

- Cordillera Palambe, entre el distrito de San Felipe y Pomahuaca.
- Cordillera del Páramo o de Sallique, entre el distrito de Sallique y el de Chontalí.
- Cordillera del Corcovado, entre los distritos de Sallique, Chontalí y San José del Alto.

El resto del sistema está conformado por los contrafuertes que descienden de dichas cordilleras hacia el río Huancabamba-Chamaya, Chulucanas o Huayabamba, Jaén y Tabaconas.

Figura 19

Mapa de ubicación de las comunidades estudiadas



3.2. Características geográficas y climáticas

Relieve: El relieve es accidentado marcado por la Cordillera Andina Septentrional. La zona se caracteriza como yunga tropical, selva alta.

Temperatura: La temperatura promedio es de 27 a 16 °C conforme ascienden en altitud las parcelas agroforestales.

Clima: La región Cajamarca presenta 15 de los 38 tipos de climas que existen en el Perú, según el método de clasificación climática de Thornthwaite (Castro et al., 2021). En la provincia de Jaén, el clima templado moderado lluvioso predomina en el 65 % del territorio, mientras que el clima tropical (selva o ecuatorial) sucede en el 35 % restante (Sánchez y Vásquez, 2010). La distribución altitudinal de las parcelas agroforestales cafetaleras del distrito de Jaén, abarca desde los 1084 hasta 2097 m.s.n.m., todos ellos corroborados con la toma de datos de los inventarios de árboles de *C. alliodora* en las parcelas evaluadas.

3.3. Materiales

Material vegetal: Árboles de *C. alliodora*.

Materiales para campo: Fichas de registro, pintura, brocha, lapiceros, cinta métrica, machete.

Equipos: Equipo de posicionamiento global (GPS), distanciómetro

3.4. Metodología

3.4.1. Población

La población de estudio correspondió a los SAF cafetaleros ubicados en el distrito y provincia de Jaén.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 2720 árboles de *C. alliodora*, de los cuales al momento de realizar la evaluación se ha considerado a los fustales mayores a 10 cm de DAP, obteniendo 2418 árboles de SAF cafetaleros, ubicados en las localidades: La Palma Central, Flor de Mayo, Las Delicias, El Nogal, Las Malvinas, La Unión, El Laurel, La Palma de Las Naranjas, San Miguel de Las Naranjas.

3.4.3. Muestreo

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia e intencional. El muestreo no probabilístico por conveniencia permitió seleccionar fácilmente las parcelas agroforestales, mientras que, el muestreo no probabilístico intencional permitió que la selección se realice atendiendo a ciertas características o criterios relevantes para el propósito de la investigación (Ahmed, 2024; C. Andrade, 2021), los cuales fueron:

- a. Consentimiento del productor:** Se informó verbalmente la naturaleza y el objetivo de investigación a los productores a fin de conseguir el ingreso a las parcelas.
- b. Accesibilidad:** Se seleccionaron aquellas parcelas de fácil acceso.
- c. Edad:** Se investigó los sistemas agroforestales cafetaleros con edad mínima de 5 años, periodo en el cual se evidencia un desarrollo adecuado de la cobertura vegetal.
- d. Características de sombra:** Se seleccionaron aquellos sistemas agroforestales cafetaleros donde la sombra principal estaba conformada por árboles de *C. alliodora*.
- e. Representatividad agroecológica:** Las SAF cafetaleros seleccionados reflejaron la diversidad de condiciones locales, incluyendo variaciones en altitud, pendiente y prácticas de manejo del sistema.

3.4.4. Variables de estudio

Variable 1: SAF cafetaleros.

Variable 2: Carbono capturado por los árboles de *C. alliodora*.

3.4.5. Métodos

El presente estudio se desarrolló de acuerdo a los siguientes métodos de investigación:

- a. Método inductivo:** Este método utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría. (Bernal, 2010, pp. 59–60)
- b. Método analítico-sintético:** “Estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis), y luego se integran esas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis)” (Bernal, 2010, p. 60).

3.4.6. Diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental de corte transversal, con un alcance descriptivo-correlacional, dado que se recolectó la información en un momento único en el tiempo sin la manipulación deliberada de las variables en estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). El enfoque se centró en la observación y registro de las características dendrométricas de *C. alliodora* (laurel) dentro de su entorno natural en los SAF cafetaleros certificados del distrito de Jaén. Este diseño permitió, inicialmente, cuantificar de manera precisa la biomasa y el carbono capturado (fase descriptiva), para posteriormente determinar el grado de asociación estadística entre las variables evaluadas y el potencial de almacenamiento de carbono de la especie (fase correlacional).

3.4.7. Procedimiento

3.4.7.1. Fase de campo

El trabajo de campo se realizó con un equipo conformado por técnicos forestales con conocimiento básico en dasometría y consistió principalmente en realizar el inventario de los árboles de *C. alliodora* en las parcelas agroforestales. El censo de árboles se ejecutó según la “Guía de inventarios en pequeñas plantaciones forestales o sistemas agroforestales con fines de aprovechamiento maderable” publicada por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) (Carranza, 2023). El procedimiento seguido es el siguiente:

- a. Planificación del inventario:** Este paso consistió en organizar el trabajo colectivo e individual de campo y definir las variables dendrométricas a registrar como la altura (total y comercial), la circunferencia a la altura del pecho.
- b. Preparación de la evaluación:** Este paso consistió en preparar con anticipación los formatos de registro (datos generales de los SAF, croquis de acceso y ubicación, fichas de registro), gestionar la disponibilidad de los materiales y equipos necesarios para la evaluación en campo.
- c. Evaluación del Sistema agroforestal:** Este paso consistió en identificar, georreferenciar y marcar (codificar) con la pintura y la brocha a los individuos de *C. alliodora* en las parcelas agroforestales. La circunferencia a la altura del pecho (CAP) se midió a 1.3 m del suelo y utilizando una cinta métrica. El DAP se estimó a partir de los datos de la CAP. Las alturas de los árboles se calcularon directamente con un distanciómetro.

3.4.7.2. Fase de gabinete

A. Cálculo del volumen

El volumen comercial de los árboles de *C. alliodora* se calculó con la siguiente formula:

$$VC = \frac{CAP^2 \times HC \times FM}{12.5664} \quad (6)$$

Donde

VC : volumen comercial en m³.

CAP : circunferencia a la altura del pecho en m.

HC : altura comercial en m.

FM : factor mórfico para *C. alliodora*.

B. Estimación de la biomasa aérea y el carbono

En estimar la biomasa aérea (fuste, ramas y follaje) de los árboles de *C. alliodora* se empleó modelos alométricos precisos y confiables (con base a indicadores estadísticos), en función del DAP (modelo 1), DAP y altura total (modelo 2), y DAP, altura total y densidad de la madera (modelo 3), como variables predictoras. En la Tabla 3 y 4 se detallan los modelos.

Tabla 3

Modelo alométrico 1 para estimar la biomasa aérea

Modelo 1
$\log_{10} BA = -0.755 + 2.072 \times \log_{10} DAP$

Nota. BA: biomasa aérea en kg árbol⁻¹; DAP: diámetro a la altura del pecho en cm; Fuente: Lugo-Pérez et al. (2023); Segura et al. (2006).

Tabla 4

Modelo alométrico 2 y 3 para estimar la biomasa aérea

Nº	Modelo
2	$\ln BA = -3.406 + 1.958 \times \ln DAP + 1.017 \times \ln HT$
3	$\ln BA = -3.051 + 0.966 \times \ln(DAP^2 HT) + 3.05 \times \ln D$

Nota. BA: biomasa aérea en kg árbol⁻¹; DAP Diámetro a la altura del Pecho. HT Altura total.

Fuente: Nam et al. (2016).

El carbono secuestrado en la biomasa aérea (tallo, ramas y follaje), se calculó con:

$$CBA = BA \times 0.5 \quad (7)$$

Donde

CBA : carbono de la biomasa aérea en $t\ ha^{-1}$.

BA : biomasa aérea en $t\ ha^{-1}$.

0.5 : factor de conversión de biomasa a carbono (Huera-Lucero et al., 2024; Lugo-Pérez et al., 2023).

C. Estimación de la biomasa radicular y el carbono

La biomasa radicular de los árboles puede determinarse por métodos directos (destructivos) e indirectos (Addo-Danso et al., 2016); ejemplo de método indirecto es el empleo de ecuaciones alométricas. Los modelos de regresión pueden basarse en mediciones geométricas (DAP, altura total, densidad de la madera), como los modelos de estimación de la biomasa aérea o asumiendo una relación raíz-brote (Nam et al., 2016). El presente estudio, tomó como referencia para la estimación de la biomasa radicular de los individuos de *C. alliodora* la ecuación alométrica propuesta por Nam et al. (2016) (Tabla 5), que tiene como variable predictora a la biomasa aérea, siendo el modelo de mejor ajuste en función de indicadores estadísticos como por ejemplo: el coeficiente de determinación (R^2) más alto y los valores más bajos del error estándar residual (RSE), error estándar de la media (SEM %) y el criterio de información de Akaike (AIC).

Tabla 5

Modelo alométrico para estimar la biomasa radicular

Modelo	R^2	RSE	SEM	AIC
$BR = \exp(-0.804 + 0.823 \times \ln(BA))$	0.860	0.322	0.255	-90.6

Nota. BR: biomasa radicular en $kg\ árbol^{-1}$; BA: biomasa aérea en $kg\ árbol^{-1}$; R^2 : coeficiente de determinación; RSE: error estándar residual de estimación; SEM: error estándar de la media; AIC: criterio de información de Akaike y ln: logaritmo natural. Fuente: Nam et al. (2016).

El carbono secuestrado en la biomasa radicular, se calculó con la siguiente fórmula:

$$CBA = BA \times 0.5 \quad (8)$$

Donde

CBA : carbono de la biomasa aérea en t ha⁻¹.

BA : biomasa aérea en t ha⁻¹.

0.5 : factor de conversión de biomasa a carbono (Huera-Lucero et al., 2024; Lugo-Pérez et al., 2023).

D. Estimación del carbono total por los árboles de *C. alliodora*

Se obtuvo información de la cantidad de árboles de laurel que se tienen en parcelas agroforestales del distrito de Jaén por edades de siembra y en total. El carbono total acumulado en la biomasa área y radicular por los árboles de *C. alliodora* se calculó con la fórmula siguiente:

$$CT = BT * 0.5 * DS \quad (9)$$

Donde

CT : carbono total en t ha⁻¹.

BT : biomasa total (biomasa aérea + biomasa radicular) en t.

DS : densidad de siembra (número de árboles por hectárea).

3.4.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos empleados en la recolección de datos se especifican por variable en la Tabla 6.

Tabla 6

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Variable	Técnica	Instrumento
SAF cafetalero	Observación participante	Ficha de observación
Carbono capturado	Observación participante	Ficha de observación

Observación participante: La técnica de observación constituye una herramienta polifacética de gran valor para la investigación en múltiples campos, posibilitando la recolección de información objetiva y pormenorizada acerca de comportamientos, actitudes y acontecimientos. Es imperativo, no obstante, considerar los retos que implica, como la potencial subjetividad. Dentro de esta técnica, se encuentra la observación participante, que se define por la inmersión activa del investigador en el evento o actividad bajo estudio (Medina et al., 2023).

Ficha de observación: La ficha de observación es un instrumento eficaz para recolectar y registrar datos de manera precisa y objetiva en contextos de investigación y evaluación. Sin embargo, para asegurar su utilidad, es esencial reconocer sus limitaciones y diseñarla cuidadosamente (Medina et al., 2023).

3.4.9. Análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló en el paquete estadístico *IBM SPSS Statistics 25*. Se realizó el análisis estadístico descriptivo mediante el cálculo del promedio, desviación estándar, varianza, coeficiente de variación, máximos y mínimos (Rendón-Macías et al., 2016). El análisis estadístico inferencial consistió en el cálculo de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (2000 datos) (Paramasivam et al., 2024), coeficiente de correlación de Spearman, para datos que no presentan distribución normal (correlación no paramétrica) (Janse et al., 2021) y la prueba de Kruskal-Wallis (Flores-Ruiz et al., 2017) para los modelos alométricos empleados en la estimación de la biomasa aérea.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Inventario de árboles de *Cordia alliodora*

La mayoría de los SAF cafetaleros estudiados presentaron sombra diversificada, además de *C. alliodora* incluyeron muchas otras especies entre frutales y forestales; cultivados en parcelas con superficie entre 1-2 ha, y una densidad promedio para *C. alliodora* igual a 42 árboles ha⁻¹. Se realizó el inventario de 2720 árboles de *C. alliodora*. De los cuales se han tomado en cuenta como diámetro mínimo a aquellos mayores a 10 cm (considerados como fustales), obteniendo 2418 individuos para su análisis correspondiente.

La Tabla 7 muestra un resumen estadístico con el cálculo estimado para los principales estadígrafos descriptivos con respecto a las variables dendrométricas representativas en un inventario. El DAP promedio fue 22.176 ± 8.384 cm, la variación registrada fue entre 10 y 57.932 cm. El 44.46 % (1 075) de los árboles de *C. alliodora* alcanzó un DAP entre 10-20 cm, seguido por la clase diamétrica 20-30 cm con 39.37 % (952) del total, casi todos los árboles se situaron por debajo de los 60 cm de DAP (Fig. 8).

Tabla 7

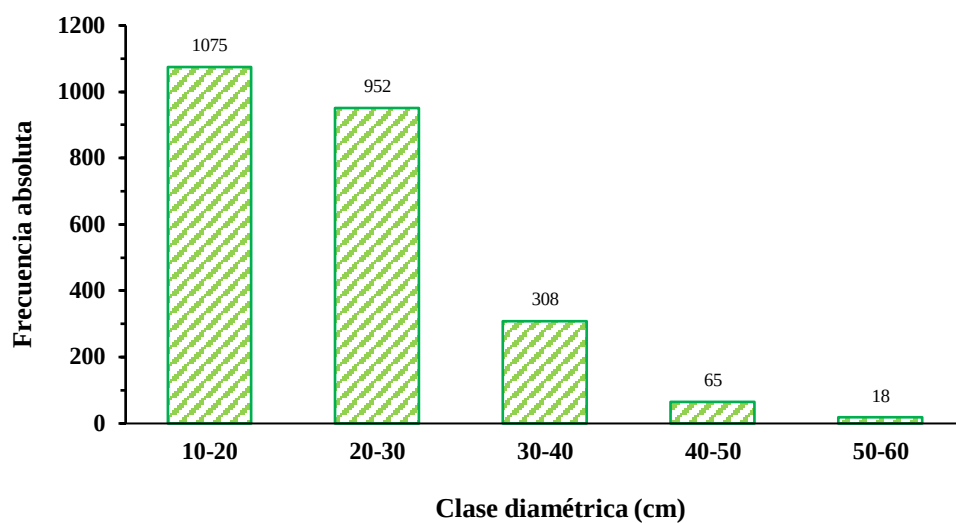
Estadística descriptiva para los resultados del inventario

Estadígrafo	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m ³)
Media	22.176	5.924	10.072	0.184
Mediana	21.247	6.000	10.000	0.132
Desviación estándar (±)	8.384	2.156	2.776	0.183
Varianza	70.298	4.646	7.706	0.033
Coeficiente de variación (%)	37.808	36.384	27.562	—
Mínimo	10.000	1.000	3.000	0.008
Máximo	57.932	17.000	22.000	1.676

Nota. DAP: diámetro a la altura del pecho (medido a 1.3 m sobre el suelo). HC: altura comercial. HT: altura total. VC: volumen comercial.

Figura 22

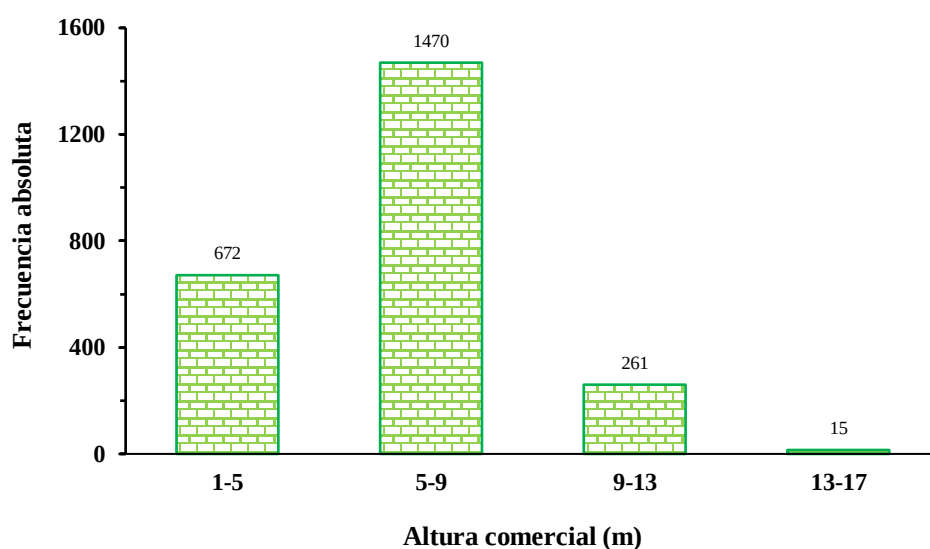
Distribución de los árboles de C. alliodora por clase diamétrica



El resultado de la altura comercial promedio fue 5.924 ± 2.156 m, desde un mínimo de 1 m hasta un máximo de 17 m (Tabla 7). El 60.79 % (1 470) de los árboles presentó una altura comercial entre 5-9 m, el 27.79 % (672) se distribuyó entre 1-5 m, y un porcentaje minoritario de 0.62 % (15) superó los 13 m (Fig. 9).

Figura 25

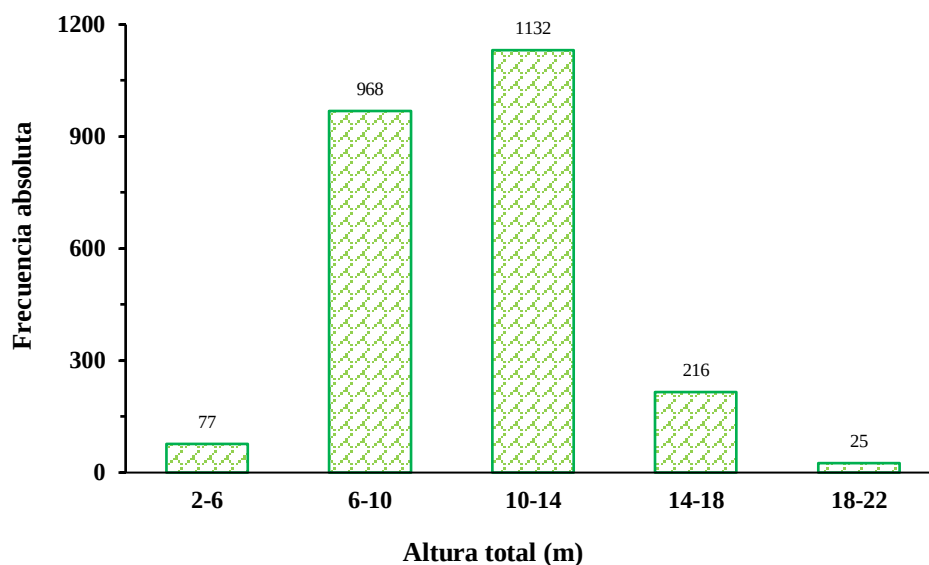
Distribución de los árboles de C. alliodora por altura comercial



Los resultados de altura total para los individuos de *C. alliodora* fluctuaron entre 3-22 m, la media fue 10.072 ± 2.776 m (Tabla 7). El 86.85% de los árboles presentó un crecimiento longitudinal total entre 6-14 m; es decir, en el 46.82 % (1 132) y 40.03% (968) se alcanzaron una altura total entre 10-14 y 6-10 m, respectivamente. Solamente, 1.03 %, es decir, 25 árboles superaron el límite de los 18 m (Fig. 10).

Figura 28

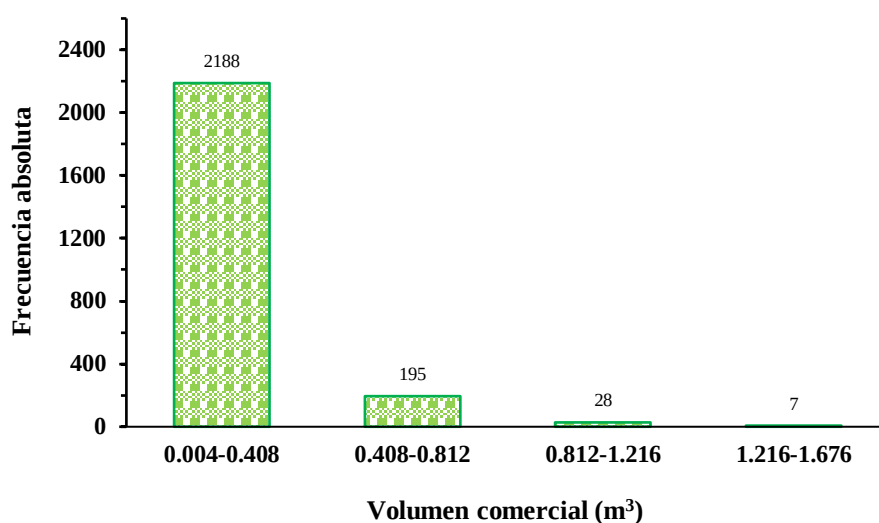
Distribución de los árboles de C. alliodora por altura total



El promedio estimado del volumen comercial para *C. alliodora* fue 0.184 ± 0.183 m³, este incremento volumétrico se alternó entre 0.008-1.676 m³ (Tabla 7). La gran mayoría, 2 188 árboles (90.49 %), no superaron los 0.408 m³, 195 árboles (8.06 %) superaron dicho límite hasta 0.812 m³, y una minoría de 7 árboles (0.29 %), incrementaron su tejido leñoso fustal por encima de 1.216 m³ (Fig. 11). Además, con una población promedio de 42 árboles ha⁻¹, el volumen comercial por *C. alliodora* estimado ascendería a 7.730 ± 7.672 m³ ha⁻¹.

Figura 31

Distribución de los árboles de C. alliodora por volumen comercial



Los SAF cafetaleros se caracterizan por presentar una gran diversidad de especies de sombra, entre leguminosas, frutales y forestales (maderables); dispuestas espacialmente en densidades variables de asociación (Farfán, 2014, 2020; Notaro et al., 2022). Los resultados del inventario realizados en muchos estudios han reportado densidades de sombra variada de 48 ± 55 y 35 ± 51 árboles ha^{-1} para maderables y frutales, respectivamente, en Nicaragua (Notaro et al., 2022). Ruiz-García et al. (2022), investigaron SAF cafetaleros mexicanos con densidades de sombra heterogéneas, entre 200-374 árboles ha^{-1} ; mientras que Farfán (2020), describió SAF cafetaleros colombianos con 70, 123 y 278 árboles ha^{-1} . En SAF cafetaleros ubicados en la Amazonía peruana la densidad total arbórea fue 71 ± 97 árboles ha^{-1} (Jezeer et al., 2019), y entre 500-800 árboles ha^{-1} (Solis et al., 2020).

La densidad promedio (42 árboles ha^{-1}) de los individuos de *C. alliodora* reportado en el presente estudio es exactamente igual al encontrado por Notaro et al. (2022), 42 árboles ha^{-1} y con 45 % de abundancia relativa en SAF cafetaleros nicaragüenses. Sin embargo, Farfán (2014), recomienda que en SAF cafetaleros con criterios de sostenibilidad, diagnóstico y diseño (D&D), y forestería análoga (FA), la sombra por *C. alliodora* debe ser de 34 árboles ha^{-1} y no

superar los 70 árboles ha⁻¹. La densidad de sombra en SAF cafetaleros está sujeto a factores climáticos (temperatura y precipitación), geográficos (altitud y pendiente), gestión de nutrientes y aportes de materia orgánica al suelo, nivel de competencia con el cafeto, la producción del cafetal, beneficios económicos (madera), entre otros (Farfán, 2014, 2020).

Los resultados de las variables dendrométricas en *C. alliodora*, como el DAP (22.176 ± 8.384 cm), la altura comercial (5.924 ± 2.156 m), la altura total (10.072 ± 2.776 m) y el volumen comercial (0.184 ± 0.183), reportados en la presente investigación son mínimamente inferiores a lo publicado en otros estudios realizados en la misma región. Por ejemplo, Jiménez (2024), realizó el inventario de 83 árboles de *C. alliodora* en SAF cafetaleros del distrito de Jaén (localidades de Las Naranjas, La Palma, Santa Fe, etc.), los resultados promedios fueron 24.873 ± 11.303 cm; 8.890 ± 4.725 m; 12.537 ± 4.635 m y 0.420 ± 0.411 m³, para DAP, altura comercial, altura total y volumen comercial, respectivamente. Cieza (2019), censó 283 árboles de *C. alliodora* en cinco parcelas agroforestales cafetaleras de la localidad San Miguel de Las Naranjas, distrito de Jaén; reportó 23.015 ± 6.709 cm; 13.877 ± 2.281 m y 0.376 ± 0.289 m³; para DAP, altura total y volumen comercial, respectivamente. También, la variación en DAP (10-57.932 cm) y altura total (3-22 m) presentada aquí es similar a lo encontrado por H. J. Andrade et al. (2023), en árboles de *C. alliodora* de SAF cafetaleros colombianos, donde el DAP fluctuó entre 4-76.4 cm y la altura total varió entre 2.4-36.3 m.

El crecimiento de *C. alliodora* sigue un patrón sigmoideo independientemente del tipo de ecosistema en el que se desarrolla (bosque primario, plantación o bajo SAF) (H. J. Andrade et al., 2023; Pineda-Herrera et al., 2018). El crecimiento de *C. alliodora* está influenciado por factores climáticos (Parresol y Devall, 2013), edad (H. J. Andrade et al., 2023), características de sitio y sistema de producción (Parresol y Devall, 2013; Somarriba et al., 2001; Valdivieso et al., 1998). Por su parte, la variación del crecimiento diamétrico (DAP) está marcada por la composición floral del SAF (Pineda-Herrera et al., 2018), esto se debe a que, a medida que

aumenta la densidad de cultivos asociados y de otras especies arbóreas, la competencia por nutrientes, espacio y agua se intensifica, incrementando la demanda de estos recursos (Hummel, 2000).

Las características ecológicas, como la tolerancia a la luz, la tasa de crecimiento y la forma de vida de las especies maderables y los cultivos asociados, son cruciales para determinar el diseño espacial más eficiente que optimice el crecimiento y la productividad en un SAF (Arteaga y Castelán, 2008). Esto explica por qué *C. alliodora*, a pesar de ser una especie que generalmente requiere mucha luz, demuestra una notable capacidad para tolerar la sombra. Esta tolerancia le otorga una ventaja competitiva frente a cultivos como *C. arabica*, permitiéndole mantener un crecimiento radial aceptable, sin importar su categoría diamétrica (Somarriba et al., 2001). También, Pineda-Herrera et al. (2018), demostraron que el incremento diamétrico de *C. alliodora* bajo SAF se relaciona fuertemente con la temperatura ambiental y no tanto con la incidencia de luz en la copa.

Andrade et al. (2023), encontraron que a la edad de 20 años los árboles de *C. alliodora* pueden alcanzar más de 63 cm de DAP y más de 26 m de altura total en SAF cafetaleros. Se ha demostrado que el pico de crecimiento de estas variables sucede entre los 4-6 años de edad (Andrade et al., 2023), y que después de los 7 años la velocidad de crecimiento longitudinal y diamétrico disminuye progresivamente en los árboles de *C. alliodora* bajo SAF cafetaleros, posiblemente debido a una mayor competencia entre canopeos (Hernández et al., 1997). Por ejemplo, Somarriba et al. (1995) estimaron que *C. alliodora* alcanza incrementos de 6.4 cm año⁻¹ y 4.5 m año⁻¹ en diámetro y altura, respectivamente, durante los primeros 2.4 años de vida en condiciones de SAF.

Con respecto al crecimiento volumétrico, los árboles de *C. alliodora* están sujetos a las mismas condiciones que el diámetro y la altura, condiciones de clima, suelo, manejo agrosilvicultural, pero, sobre todo, al número de individuos por unidad de superficie

(densidad). Por ejemplo, un estudio reveló que el crecimiento volumétrico de *C. alliodora* se maximizó a los 20 años de edad ($0.60 \text{ m}^3 \text{ árbol}^{-1} \text{ año}^{-1}$), es decir un volumen medio total maderable de 5.4 m^3 , lo que indica la viabilidad de mantener los árboles en el campo durante un período más largo, de modo que se puedan producir trozas de aserrío de mayores dimensiones (Andrade et al., 2023).

4.2. Cuantificación del carbono capturado mediante ecuaciones alométricas

4.2.1. Biomasa aérea y carbono

A continuación, se presentan los indicadores para cada modelo alométrico seleccionado:

Modelo 1:

$$\log_{10} BA = -0.755 + 2.072 \times \log_{10} DAP ; R^2 0.95; \text{MSE } 0.322; \text{RMSE } 25.5; \text{PRESS } -90.6 \text{ e IF } 1.80$$

Modelo 2:

$$\ln BA = -3.406 + 1.958 \times \ln DAP + 1.017 \times \ln HT; R^2 0.988; \text{RSE } 0.221; \text{SEM } 0.175 \text{ AIC } -357.6$$

Modelo 3

$$\ln BA = -3.051 + 0.966 \times \ln(DAP^2 HT) + 3.05 \times \ln D; R^2 0.986; \text{RSE } 0.245; \text{SEM } 0.198 \text{ AIC } -841.2$$

Donde. BA: biomasa aérea en kg árbol^{-1} ; DAP: diámetro a la altura del pecho en cm; R^2 : coeficiente de determinación; MSE: cuadrado medio del error; RMSE: raíz del cuadrado medio del error; PRESS: suma de cuadrados del error residual predicho; IF: índice de Furnival; $\log_{10}$: logaritmo con base 10. Fuente: Lugo-Pérez et al. (2023); Segura et al. (2006). SEM: error estándar de la media; AIC: criterio de información de Akaike y $\ln$: logaritmo natural. Fuente: Nam et al. (2016)

Los resultados de biomasa aérea se muestran estadísticamente resumidas en la Tabla 8 por modelo de estimación. Según el modelo alométrico 1, la media fue $125.318 \pm 104.820 \text{ kg árbol}^{-1}$. Con el modelo 2, el promedio fue $186.693 \pm 178.906 \text{ kg árbol}^{-1}$, la variación se estimó entre $10.136 - 1\,365.848 \text{ kg árbol}^{-1}$. La materia seca promedio fue $12.691 \pm 11.879 \text{ kg árbol}^{-1}$

con el modelo 3 (Tabla 4), desde un mínimo de 0.756 kg árbol⁻¹ hasta un máximo de 89.492 kg árbol⁻¹. El modelo 2 que está en función del DAP y la altura total, estimó en promedio 39.275 % más la biomasa aérea que el modelo 1 (en función del DAP) y 1 348.134 % más que el modelo 3 (en función del DAP, altura total y densidad de la madera).

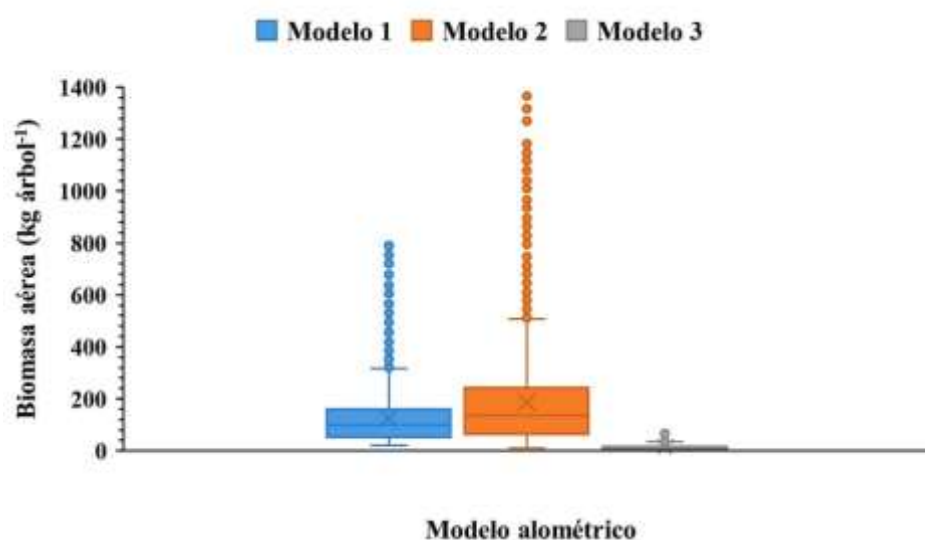
Tabla 8

Estadística descriptiva para los resultados de biomasa aérea (kg), según modelo alométrico

Estadígrafo	Modelo alométrico		
	1	2	3
Media	125.318	186.693	12.691
Mediana	98.893	135.064	9.346
Desviación estándar (±)	104.820	178.906	11.879
Mínimo	20.749	10.136	0.756
Máximo	790.262	1 365.848	89.492

Figura 34

Diagrama de cajas y bigotes para biomasa aérea, según modelo alométrico



Nota. El análisis de cuartiles evidencia diferencias importantes en las estimaciones de biomasa aérea según el modelo alométrico utilizado. El modelo 2, que incluye el

DAP y la altura total, genera las estimaciones más altas (mediana (Q2) = 135.06 kg árbol⁻¹) y con mayor dispersión (rango intercuartil (IQR) = 178.71 kg árbol⁻¹), reflejando cómo la altura puede amplificar las diferencias entre árboles. En contraste, el modelo 3, que incorpora además la densidad de la madera, reduce significativamente tanto la Q2 (9.35 kg árbol⁻¹) como la variabilidad (IQR = 12.02 kg árbol⁻¹), sugiriendo estimaciones más conservadoras. El modelo 1, basado únicamente en DAP, ofrece estimaciones intermedias, pero su exclusión de variables clave podría derivar en sobreestimaciones sistemáticas. Estos resultados destacan la importancia de incorporar características estructurales y funcionales del árbol en los modelos de estimación de biomasa para mejorar la precisión y reducir el sesgo.

Los resultados de carbono cuantificado para cada modelo de la biomasa aérea se muestran estadísticamente resumidas en la Tabla 9. Según el modelo alométrico 1, el carbono aéreo fluctuó entre 10.375-395.131 kg C árbol⁻¹, la media fue 62.659 ± 52.410 kg C árbol⁻¹. Con el modelo 2, el carbono aéreo promedio fue 93.347 ± 89.453 kg C árbol⁻¹, la variación se estimó entre 5.068-682.924 kg C árbol⁻¹. El carbono aéreo promedio fue 6.346 ± 5.940 kg C árbol⁻¹ con el modelo 3, desde un mínimo de 0.378 kg C árbol⁻¹ hasta un máximo de 44.746 kg C árbol⁻¹.

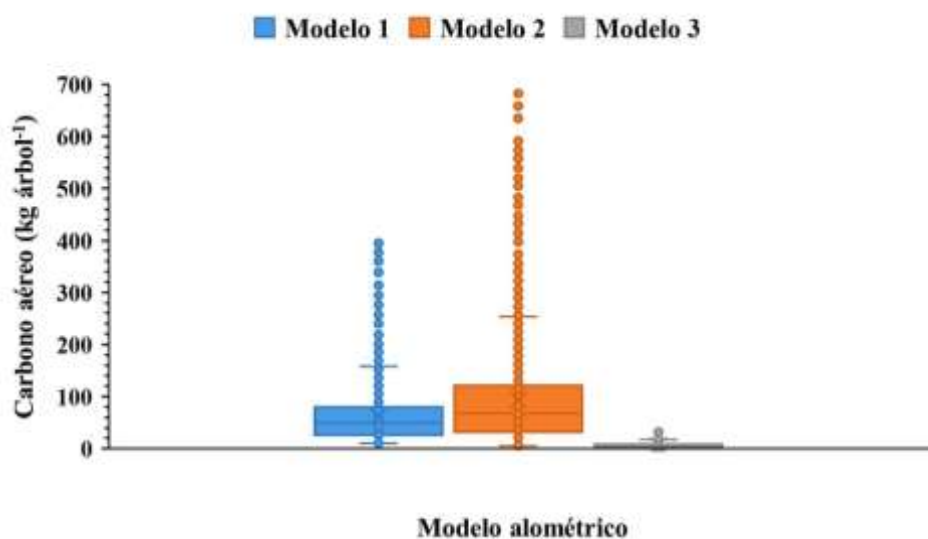
Tabla 9

Estadística descriptiva para los resultados de carbono aéreo (kg C), según modelo alométrico

Estadígrafo	Carbono según modelo de biomasa aérea		
	1	2	3
Media	62.659	93.347	6.346
Mediana	49.447	67.532	4.673
Desviación estándar (±)	52.410	89.453	5.940
Mínimo	10.375	5.068	0.378
Máximo	395.131	682.924	44.746

Figura 37

Diagrama de cajas y bigotes para carbono aéreo, según modelo alométrico



Nota. El análisis de los cuartiles del carbono estimado muestra diferencias significativas entre los tres modelos alométricos evaluados. El modelo 2 produce las estimaciones de carbono más altas, $Q2 = 67.53 \text{ kg C árbol}^{-1}$ y un amplio IQR ($89.35 \text{ kg C árbol}^{-1}$), lo que indica una alta variabilidad en las estimaciones entre árboles. Este resultado refleja que la inclusión de la altura amplifica las diferencias estructurales entre individuos, aumentando la biomasa y carbono estimados en árboles más grandes o vigorosos. En contraste, el modelo 3, que además incorpora la densidad de la madera, arroja estimaciones considerablemente más bajas y con menor dispersión ($Q2 = 4.67 \text{ kg C árbol}^{-1}$, $IQR = 6.01 \text{ kg C árbol}^{-1}$). Sin embargo, cabe destacar que en este modelo la densidad de la madera se utilizó como un valor fijo constante (0.395 g cm^{-3}) para todos los árboles de *C. alliodora*. Esta simplificación reduce la variabilidad en las estimaciones y tiende a generar resultados conservadores. Finalmente, el modelo 1, basado únicamente en el DAP, genera estimaciones intermedias en magnitud y dispersión ($Q2 = 49.45 \text{ kg C árbol}^{-1}$, $IQR = 53.55 \text{ kg C árbol}^{-1}$), pero al no incluir variables clave como la altura o la densidad, puede incurrir en sesgos sistemáticos.

4.2.2. Biomasa radicular y carbono

La biomasa radicular se derivó de la biomasa aérea (realizado para cada modelo de biomasa aérea), el cálculo se realizó con el modelo alométrico especificado en la Tabla 5 y los resultados resumidos estadísticamente se detallan en la Tabla 10. Según el modelo alométrico 1, la biomasa radicular fluctuó entre 5.429-108.566 kg árbol⁻¹, la media fue 22.888 ± 15.330 kg árbol⁻¹. Con el modelo 2, la biomasa radicular promedio fue 31.389 ± 24.181 kg árbol⁻¹, la variación se estimó entre 3.011-170.319 kg árbol⁻¹. La biomasa radicular promedio fue 3.441 ± 2.592 kg árbol⁻¹ con el modelo 3, desde un mínimo de 0.356 kg árbol⁻¹ hasta un máximo de 18.078 kg árbol⁻¹.

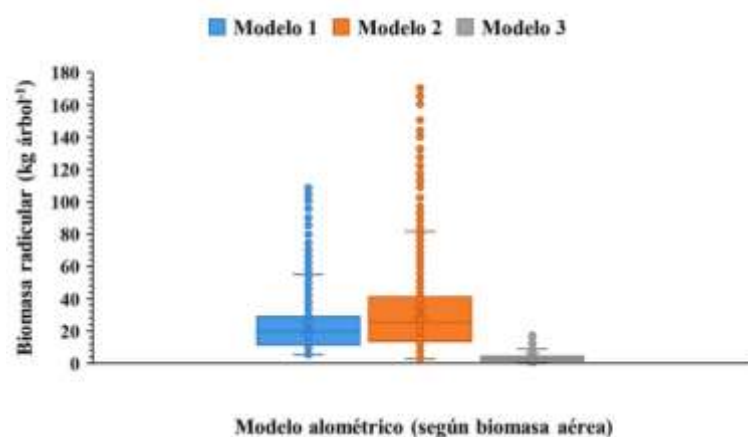
Tabla 10

Estadística descriptiva para los resultados de biomasa radicular (kg), según modelo alométrico

Estadígrafo	Biomasa radicular (según biomasa aérea)		
	1	2	3
Media	22.888	31.389	3.441
Mediana	19.627	25.366	2.816
Desviación estándar (±)	15.330	24.181	2.592
Mínimo	5.429	3.011	0.356
Máximo	108.566	170.319	18.078

Figura 40

Diagrama de cajas y bigotes para biomasa radicular, según modelo alométrico



Nota. La biomasa radicular se estimó a partir de la biomasa aérea utilizando un modelo alométrico específico que toma la biomasa aérea como única variable predictora. Por tanto, cada conjunto de resultados de biomasa radicular corresponde a las tres diferentes estimaciones de biomasa aérea (modelo 1, modelo 2 y modelo 3). Los cuartiles de la biomasa radicular estimada reflejan patrones consistentes con las diferencias observadas en la biomasa aérea: el modelo 2 genera las estimaciones más altas de biomasa radicular ($Q2 = 25.37 \text{ kg árbol}^{-1}$) y la mayor variabilidad ($IQR = 27.38 \text{ kg árbol}^{-1}$), lo que se relaciona directamente con la mayor biomasa aérea estimada por este modelo. El modelo 1 ofrece estimaciones intermedias, $Q2 = 19.63 \text{ kg árbol}^{-1}$ y dispersión moderada. El modelo 3, que utiliza un valor fijo para la densidad de madera en la biomasa aérea, produce estimaciones significativamente más bajas y con menor dispersión ($Q2 = 2.82 \text{ kg árbol}^{-1}$; $IQR = 2.96 \text{ kg árbol}^{-1}$), reflejando nuevamente su tendencia a resultados más conservadores.

Los resultados de carbono radicular cuantificado se muestran estadísticamente resumidas en la Tabla 11. Según el modelo alométrico 1, el carbono radicular fluctuó entre 2.714-54.283 kg C árbol⁻¹, la media fue $11.444 \pm 7.665 \text{ kg C árbol}^{-1}$. Con el modelo 2, el carbono radicular promedio fue $15.694 \pm 12.091 \text{ kg C árbol}^{-1}$, la variación se estimó entre

1.505- 85.160 kg C árbol⁻¹. El carbono radicular promedio fue 1.721 ± 1.296 kg C árbol⁻¹ con el modelo 3, desde un mínimo de 0.178 kg C árbol⁻¹ hasta un máximo de 9.039 kg C árbol⁻¹.

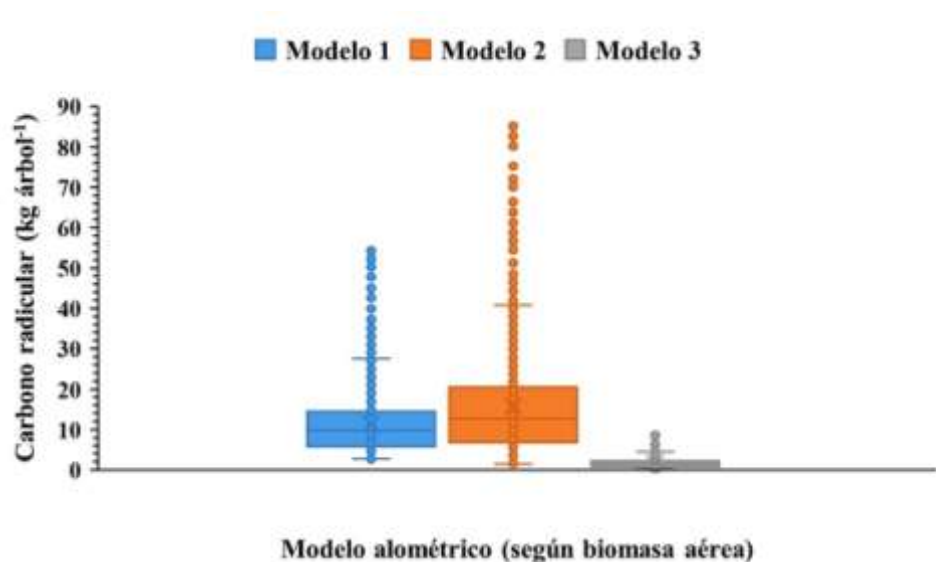
Tabla 11

Estadística descriptiva de los resultados de carbono radicular (kg C), según modelo alométrico

Estadígrafo	Carbono radicular (según biomasa aérea)		
	1	2	3
Media	11.444	15.694	1.721
Mediana	9.813	12.683	1.408
Desviación estándar	7.665	12.091	1.296
Mínimo	2.714	1.505	0.178
Máximo	54.283	85.160	9.039

Figura 43

Diagrama de cajas y bigotes para carbono radicular, según modelo alométrico



Nota. La estimación del carbono radicular, calculado como el 50 % de la biomasa radicular, refleja patrones coherentes con los modelos de biomasa aérea utilizados como base para el cálculo. El modelo 2 genera las estimaciones más altas de carbono radicular ($Q2 = 12.68$ kg C árbol⁻¹) y la mayor variabilidad entre árboles ($IQR =$

13.69 kg C árbol⁻¹). Este resultado es coherente con la tendencia de este modelo a generar estimaciones elevadas de biomasa aérea. El modelo 1 presenta valores intermedios tanto en magnitud (Q2 = 9.81 kg C árbol⁻¹) como en dispersión (IQR = 8.73 kg C árbol⁻¹). Por su parte, el modelo 3, basado en DAP, altura total y una densidad de madera constante (0.395 g cm⁻³), produce estimaciones de carbono más conservadoras (Q2 = 1.41 kg C árbol⁻¹; IQR = 1.48 kg C árbol⁻¹), debido a que el uso de un valor fijo de densidad reduce la variabilidad y magnitud de las estimaciones. Estos resultados subrayan cómo las decisiones metodológicas en la estimación de biomasa aérea (particularmente el uso de variables adicionales o valores fijos) impactan directamente en las estimaciones de carbono radicular.

4.3. Análisis estadístico para los datos de carbono

4.3.1. Selección del mejor modelo alométrico

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (para > 50 datos) de los resultados de biomasa aérea para cada modelo alométrico (Tabla 12). Los datos no se ajustan a una distribución normal. También, se desarrolló el análisis de varianza no paramétrico (para datos sin distribución normal) de Kruskal-Wallis (≥ 3 grupos) a fin de encontrar diferencias significativas entre modelos alométricos (Tabla 13). El mejor modelo alométrico para la estimación de la biomasa aérea se realizó mediante la prueba post-hoc (Tabla 14).

Tabla 12

Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los modelos de biomasa aérea

Modelo alométrico	Estadístico	gl	p
Modelo 1	0.160	2418	0.000*
Modelo 2	0.168	2418	0.000*
Modelo 3	0.164	2418	0.000*

Nota. La prueba de normalidad indica que los tres modelos alométricos de estimación de la biomasa aérea no siguen una distribución normal ($p < 0.05$), con una confiabilidad del 95 %.

Tabla 13*Prueba de Kruskal-Wallis*

Variable	H de Kruskal-Wallis	gl	p
Modelo alométrico	4 584.709	2	0.000*

Nota. El resultado de la prueba de Kruskal-Wallis indica que la distribución de la biomasa aérea es diferente entre las categorías (rangos) de los modelos alométricos ($p < 0.05$); esto significa que al menos un modelo estima la biomasa aérea significativamente distinta en comparación con los otros.

Tabla 14*Prueba post-hoc para los modelos alométricos de estimación de la biomasa aérea*

Par de modelos	Estadístico de contraste	Error	Desviación del estadístico de contraste	p ajustado
3 – 1	3 262.444	60.229	54.168	0.000*
3 – 2	3 750.317	60.229	62.268	0.000*
1 – 2	-487.873	60.229	-8.100	0.000*

Nota. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas. La prueba post-hoc indica diferencias estadísticamente significativas (p ajustado < 0.05) entre todos los modelos.

El mejor modelo estadístico y práctico fue el modelo 2, excelente ajuste ($R^2 = 0.988$), menor error de predicción ($RSE = 0.221$), mayor precisión de la media ($SEM = 0.175$), mayor magnitud de estimación (mediana $135.064 \text{ kg árbol}^{-1}$); estima la biomasa aérea con resultados más plausibles y solo requiere medir el DAP y la altura total, lo cual es factible en muchos inventarios. En contraste, el modelo 3, aunque tiene el mejor AIC (-841.2), esto puede deberse a su forma funcional o penalización menor por parámetros, estima valores de biomasa mucho más bajos (mediana $= 2.816 \text{ kg árbol}^{-1}$), lo que resulta poco realista, la densidad de la madera

es fija, no medida por árbol, lo que introduce un sesgo estructural por la variación real de densidad entre individuos o sitios. El modelo 1 es simple, pero menos preciso, requiere solo el DAP, es más fácil de aplicar pero tiene mayor error (RMSE = 25.5) y peor ajuste ($R^2 = 0.95$) con estimaciones intermedias (mediana = 19.627 kg árbol⁻¹).

El uso de modelos alométricos presenta una fuente de incertidumbre en la estimación de biomasa (Nam et al., 2016), que puede minimizarse mediante un proceso de selección y análisis crítico de los parámetros utilizados (Mahmood et al., 2016). La precisión del modelo y la inclusión de predictores son consideraciones importantes al seleccionar el modelo de mejor ajuste (Sileshi, 2014). En el presente estudio se incluyeron el DAP, altura total y densidad de la madera como variables de predictoras de la biomasa aérea al igual que en otras investigaciones (Andrade et al., 2023; García-Cox et al., 2023; Huera-Lucero et al., 2024; Lugo-Pérez et al., 2023; Mahmood et al., 2019; Nam et al., 2016; Segura et al., 2006).

La densidad de la madera, definida como la masa seca por volumen fresco de madera, es un rasgo funcional fundamental que refleja la inversión de carbono de los árboles. Está estrechamente relacionada con la historia vital y los atributos funcionales de los árboles, incluidas sus propiedades mecánicas y fisiológicas (Chave et al., 2009; Kraft et al., 2010; Swenson y Enquist, 2007). La densidad de la madera desempeña un papel crucial a la hora de determinar la capacidad competitiva de las especies arbóreas y determina la composición, estructura y función de los ecosistemas forestales (Bouchard et al., 2024; Pérez-Ramos et al., 2019; Westoby y Wright, 2006). Esta dinámica afecta a la tasa de mortalidad de los árboles (Reis et al., 2022) y a la descomposición de la madera (Chave et al., 2009), que son fundamentales para la respuesta de los ecosistemas a los cambios medioambientales.

La densidad de la madera también varía en función de la etapa sucesional de los bosques (Köhler y Huth, 2010) y se ve influida por las alteraciones provocadas tanto por procesos naturales como por actividades humanas (Liang et al., 2021; Macdonald y Hubert, 2002; Pyles

et al., 2022; Sommerfeld et al., 2018), como los incendios forestales (Barlow et al., 2016; Mack et al., 2021; Slik et al., 2010; J. A. Wang et al., 2021). Por ejemplo, en algunas partes de la selva amazónica, la densidad de la madera en los bosques secundarios es un 33 % menor en comparación con las condiciones previas a la perturbación (Berenguer et al., 2018; Slik et al., 2008). Por el contrario, en los bosques secos tropicales, la densidad de la madera suele aumentar tras la perturbación como resultado del establecimiento de especies más conservadoras, de crecimiento lento y resistente al estrés medioambiental (Poorter et al., 2010, 2019; van der Sande et al., 2019). Esto implica que la densidad de la madera forestal responde de forma desigual a las perturbaciones en diferentes condiciones ambientales (Chaturvedi et al., 2017; Sommerfeld et al., 2018).

El fuerte vínculo entre la densidad de la madera y la producción de biomasa (Chave et al., 2009; Poorter et al., 2019) la convierte en un factor vital para cuantificar la absorción y el almacenamiento de carbono terrestre (Santoro et al., 2021; Thurner et al., 2014). Más de un tercio de la variación total de la biomasa aérea en los bosques tropicales puede explicarse por diferencias espaciales en la densidad de la madera (Baker et al., 2004; Chave et al., 2009). En el presente estudio se utilizó una densidad de la madera para *C. alliodora* estándar equivalente a 0.395 g cm^{-3} ; estudios locales (misma zona de estudio) reportaron densidades similares comprendidas entre $0.35\text{-}0.36$ y 0.529 g cm^{-3} , informado por Fernandez et al. (2019) y Cieza (2019); respectivamente.

4.3.2. Relación raíz-brote

Los resultados de la relación raíz-brote (biomasa radicular/biomasa aérea, según modelo 2) se resumen estadísticamente en la Tabla 15. La relación raíz-brote promedio fue 0.193 ± 0.031 , presentó una variación comprendida entre $0.125\text{-}0.297$.

Tabla 15*Estadística descriptiva para los resultados de la relación raíz-brote*

Estadígrafo	Resultado
Media	0.193
Mediana	0.188
Desviación estándar ($\pm$)	0.031
Varianza	0.001
Mínimo	0.125
Máximo	0.297

El 50 % central de los árboles (entre Q1 y Q3) tiene una relación raíz-brote entre 0.17 y 0.21, lo cual indica que para la mayoría, la biomasa radicular representa entre un 17 % y un 21 % de la biomasa aérea. La mediana (Q2, 0.19) sugiere que, en términos generales, los árboles destinan menos biomasa a las raíces que a la parte aérea. La diferencia entre la mediana y los cuartiles sugiere una ligera asimetría positiva, esto indica que hay más árboles con valores ligeramente mayores a la mediana que menores, o al menos que los valores más altos están un poco más dispersos.

Las raíces, como componentes esenciales del sistema terrestre, actúan como un nexo vital que interconecta la litosfera (la capa sólida de la Tierra), la hidrosfera (el agua), la biosfera (los seres vivos) y la atmósfera (el aire), desempeñando un papel fundamental en el equilibrio y funcionamiento de nuestro planeta (Huang et al., 2021). Las raíces son las responsables de la absorción de nutrientes y agua, favorecen la descomposición del carbono orgánico subterráneo, facilitan el flujo de carbohidratos a las micorrizas, modulan la competencia entre especies vegetales, fortalecen la estabilidad del suelo y confieren resistencia a las plantas frente a las inclemencias climáticas, desempeñando así un papel multifacético y crucial en la salud y el funcionamiento del ecosistema (Malhi et al., 2011; Raich et al., 2014; Smyth et al., 2013;

Warren et al., 2015). La biomasa y la actividad de las raíces también controlan el equilibrio energético de la superficie terrestre a través de la transpiración de las plantas (Y. Wang et al., 2016; Warren et al., 2015).

Huang et al. (2021) estimaron la biomasa radicular existente en todos los bosques del mundo en 142 ± 25 ($\alpha = 0.05$) Pg (10^{15} g) y una relación raíz-brote de 0.25 ± 0.10 , es decir la biomasa radicular representa el 25 % de la biomasa aérea. Sin embargo y a pesar de su significativa importancia, las raíces han sido poco estudiadas principalmente debido a desafíos metodológicos, aspectos relevantes que incluyen el costo, los requisitos de mano de obra, la eficiencia del tiempo y la precisión (Addo-Danso et al., 2016; Sochacki et al., 2017). La biomasa radicular se estima con frecuencia como una fracción de la biomasa aérea, y el IPCC recomienda utilizar un valor de 0.24 para todos los bosques tropicales húmedos, secos y secundarios (Nam et al., 2016). Sin embargo, los valores de la relación raíz-brote pueden variar sustancialmente entre árboles dependiendo de las especies y las condiciones de crecimiento (Poorter et al., 2012).

La relación raíz-brote es el cociente de la biomasa subterránea entre la biomasa aérea, que es el parámetro que refleja más directamente la asignación de biomasa por parte de las plantas (Qi et al., 2019). Los estudios han explorado la relación raíz-brote y sus factores que lo afectan (Cairns et al., 1997; Hui et al., 2014; Reich et al., 2014; Zhang et al., 2015) incluidos los parámetros bióticos (por ejemplo, condición del rodal, origen de las especies y carácter de las especies) (Qi et al., 2019) y los parámetros abióticos (por ejemplo, textura del suelo, clima, latitud, longitud y elevación) (Qi et al., 2019; Seidel et al., 2024). La relación raíz-brote para árboles de *C. alliodora* presentada aquí (0.193 ± 0.031 ; 0.125-0.297) es inferior a lo estandarizado por la FAO para los ecosistemas boscosos a nivel mundial (0.26) y de América del Sur (0.24) (FAO, 2021). También, resulta inferior a la relación raíz-brote de 0.64 informado por Oumasst et al. (2024), para árboles de *Argania spinosa* en Marruecos. Es ligeramente

superior a la relación raíz-brote promedio de 0.19 (0.09-0.43) para la diversidad de especies arbóreas en un bosque siempreverde de Vietnam (Nam et al., 2016); e inferior a 0.20 (0.13-0.27) para *Pinus patula* en México (Medrano-Meraz et al., 2021).

4.3.3. Biomasa y carbono total

La Tabla 16 muestra los resultados resumidos estadísticamente para la biomasa total (biomasa aérea, según modelo 2, más biomasa radicular), carbono total y CO₂ total, a nivel de individuo y SAF cafetalero (densidad de 42 árboles de *C. alliodora* por hectárea). La biomasa total acumulada por los individuos de *C. alliodora* en promedio fue 218.082 ± 202.994 kg árbol⁻¹ (9.159 ± 8.526 t ha⁻¹), la fluctuación se registró entre 13.146 kg árbol⁻¹ (0.552 t ha⁻¹) y 1 536.167 kg árbol⁻¹ (64.519 t ha⁻¹). El carbono total promedio fue cuantificado en 109.141 ± 101.497 kg C árbol⁻¹ (4.580 ± 4.263 t C ha⁻¹), la variación sucedió entre 6.573 kg C árbol⁻¹ (0.276 t C ha⁻¹) y 768.084 kg C árbol⁻¹ (32.260 t C ha⁻¹). El CO₂ total promedio fue estimado en 400.180 ± 372.493 kg CO₂ árbol⁻¹ (16.808 ± 15.645 t CO₂ ha⁻¹), la oscilación sucedió entre 24.123 kg CO₂ árbol⁻¹ (1.013 t CO₂ ha⁻¹) y 2 818.867 kg CO₂ árbol⁻¹ (118.392 t CO₂ ha⁻¹).

Tabla 16

Resultados de biomasa total, carbono total y CO₂ total

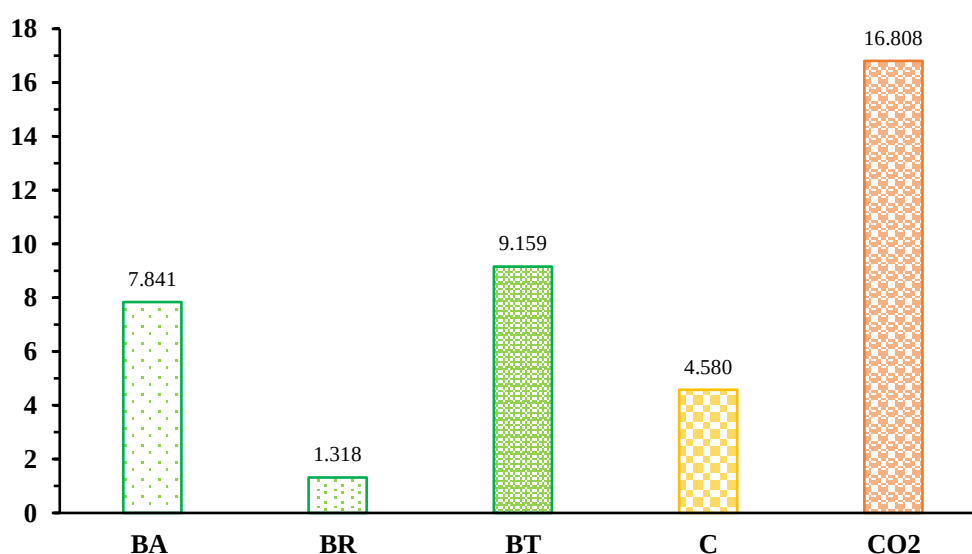
Estadígrafo	Biomasa total		Carbono		CO ₂ total	
	kg árbol ⁻¹	t ha ⁻¹	kg C árbol ⁻¹	t C ha ⁻¹	kg CO ₂ árbol ⁻¹	t CO ₂ ha ⁻¹
Promedio	218.082	9.159	109.041	4.580	400.180	16.808
Mediana	160.430	6.738	80.215	3.369	294.389	12.364
DS (±)	202.994	8.526	101.497	4.263	372.493	15.645
Mínimo	13.146	0.552	6.573	0.276	24.123	1.013
Máximo	1 536.167	64.519	768.084	32.260	2 818.867	118.392

Nota. DS: desviación estándar. La biomasa total incluye la biomasa aérea (estimada según modelo 2) y la biomasa radicular.

La Fig. 15 muestra los promedios para biomasa aérea, biomasa radicular, biomasa total, carbono total y CO₂ total para *C. alliodora* bajo SAF cafetalero. Con respecto a la biomasa total, el 25 % (Q1) de los árboles con menor desarrollo tienen menos de 3.261 t ha⁻¹. El 50 % (Q2, mediana) de los árboles están por debajo de 6.738 t ha⁻¹. Esta mediana marca el valor central, y refleja la biomasa típica del SAF. El 25 % (> Q3) de los árboles más desarrollados superan los 11.917 t ha⁻¹. Este grupo concentra una porción desproporcionadamente alta de la biomasa total y tiene un alto potencial de secuestro de carbono. Son clave para estrategias de conservación y manejo productivo. En tanto, para el carbono total los árboles con menor almacenamiento tienen menos de 1.631 t C ha⁻¹ (Q1). La mitad de los árboles almacenan menos de 3.369 t C ha⁻¹ (Q2). El 25 % superior (Q3) supera los 5.958 t C ha⁻¹. Finalmente, el 25 % (Q1) de los árboles capturaron emisiones equivalentes menores a 5.984 t CO₂ ha⁻¹. La mitad (Q2) de los árboles almacenaron menos de 12.364 t CO₂ ha⁻¹. Los árboles con captura superior (> Q3) a 21.867 t CO₂ ha⁻¹ representan un cuarto de la población, pero son responsables de una gran proporción del servicio ecosistémico de mitigación del cambio climático. Su mantenimiento y promoción es estratégico.

Figura 46

Resultados de biomasa, carbono y CO₂ total de C. alliodora bajo SAF cafetalero



Nota. BA: biomasa aérea; BR: biomasa radicular; BT: biomasa total; C: carbono total; CO₂: dióxido de carbono total. Los resultados están en t ha⁻¹. La biomasa radicular contribuyó con el 16.09 % a la biomasa total, mientras que, la biomasa aérea contribuyó con el restante 83.91 %; esto significa, que la participación conjunta del tallo, hojas, ramas, flores y frutos es aproximadamente 4 veces mayor (4.2) con respecto a la contribución de las raíces.

En concordancia con Segura et al. (2006) el DAP constituye un estimador robusto del volumen arbóreo, así como de la biomasa (por lo tanto, del carbono). Por el contrario, la altura total no representa un predictor confiable de la biomasa en especies arbóreas utilizadas como sombra (bajo SAF), debido a las diferencias intrínsecas en la arquitectura del dosel entre especies, así como a las alteraciones estructurales inducidas por prácticas de poda destinadas al manejo de la sombra. Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para DAP, altura total y biomasa total (Tabla 17) y se graficaron los resultados de la correlación de Spearman del DAP-biomasa total (Fig. 16) y altura total-biomasa total (Fig. 17). Ambos factores (DAP y altura total) están significativamente ($p < 0.01$) correlacionados con la biomasa total, pero el DAP tiene una relación mucho más fuerte.

Tabla 17

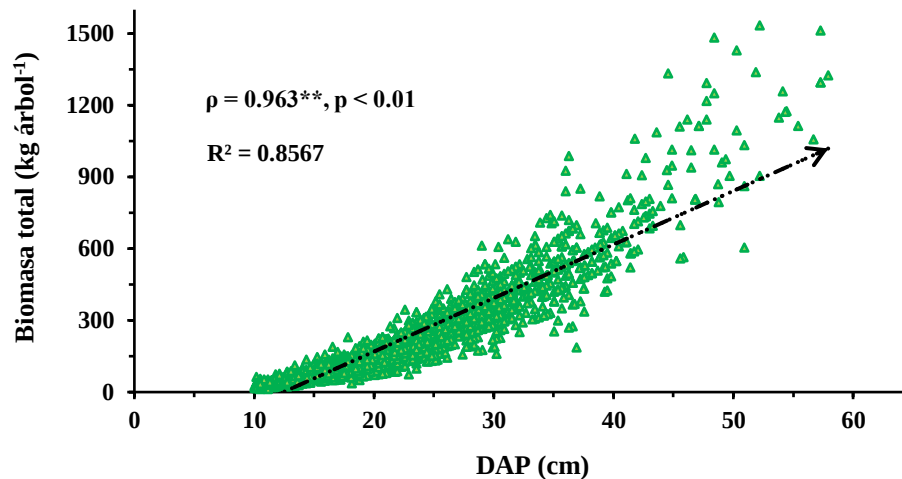
Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para DAP, altura total y biomasa total

Variable	Estadístico	gl	p
DAP (cm)	0.075	2418	0.000*
Altura total (m)	0.083	2418	0.000*
Biomasa total (kg árbol ⁻¹)	0.163	2418	0.000*

Nota. La prueba de normalidad indica que el DAP, altura total y biomasa total para *C. alliodora* no se ajustan una distribución normal ($p < 0.05$), con una confiabilidad del 95 %.

Figura 49

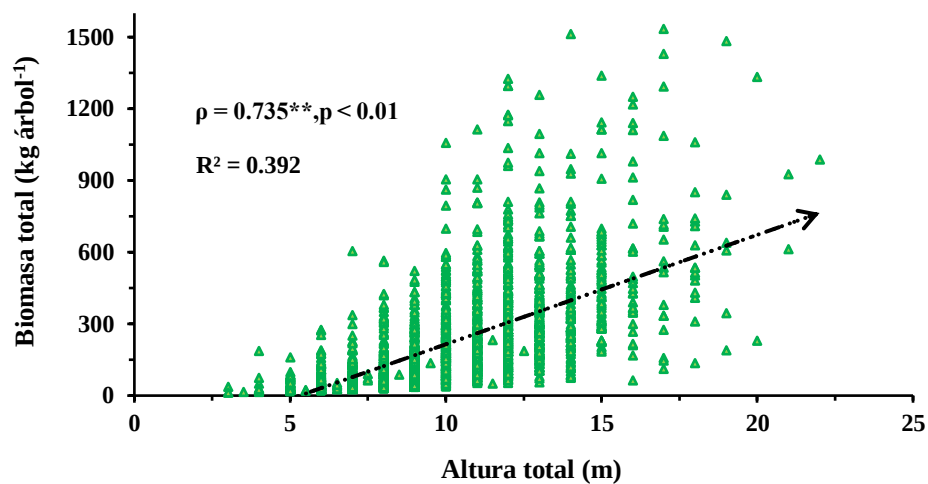
Diagrama de dispersión entre el DAP y biomasa total



Nota. La correlación Spearman (ρ) es muy fuerte y positiva (0.963), el DAP aumenta, la biomasa total aumenta. $p < 0.01$ indica que la correlación es estadísticamente significativa. R^2 (0.8567) indica que el 85.7 % de la variación en la biomasa total confirma que el DAP es un predictor extremadamente fuerte.

Figura 52

Diagrama de dispersión entre la altura total y biomasa total



Nota. La correlación es fuerte y positiva ($p = 0.735$), aunque no tan alta como con el DAP. Esto sugiere que, en general, los árboles más altos tienden a tener mayor biomasa, pero con más variabilidad que la relación con el DAP. El valor de $p < 0.01$ también indica significancia estadística. El valor de R^2 (0.392) indica que la HT explica solo el 39.2 % de la variación en la biomasa. Esto sugiere que, aunque la altura está asociada con la biomasa, hay otros factores que afectan más directamente (como el DAP, la densidad de la madera o la forma del árbol).

Los resultados de biomasa (aérea, radicular y total), carbono y CO_2 para *C. alliodora* (Tablas 8-11, 16) cultivados bajo SAF cafetaleros presentadas aquí muestran diferencias significativas con lo reportado en otros estudios. En el contexto internacional, Asanok et al. (2024), informaron resultados de $416.35 \pm 56.23 \text{ t ha}^{-1}$ para biomasa aérea, el carbono en la biomasa aérea fue $195.69 \text{ t C ha}^{-1}$ ($\approx 718.18 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$), en árboles de sombra (*Diospyros glandulosa*, *Schima wallichii*) bajo SAF cafetaleros cultivados a una altitud entre $> 1200\text{-}1400$ m.s.n.m. en Tailandia; estos resultados son superiores a lo reportado aquí para biomasa aérea ($7.841 \pm 7.514 \text{ t ha}^{-1}$, $3.921 \text{ t C ha}^{-1}$, $14.389 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$). Lugo-Pérez et al. (2023) publicaron que los SAF cafetaleros con diversidad de sombra (en las que se encontraba *C. alliodora*) de Puerto Rico, acumularon $25.3 \pm 5.8 \text{ t C ha}^{-1}$ en la biomasa aérea ($3.528 \text{ t C ha}^{-1}$ en este estudio); además, los árboles de *C. alliodora* estuvieron en el rango de 8-91 kg de biomasa aérea ($10.136\text{-}1365.848 \text{ kg árbol}^{-1}$ en el presente estudio). También, los resultados de biomasa total, carbono y CO_2 total ($9.959 \pm 8.526 \text{ t ha}^{-1}$, $4.580 \pm 4.263 \text{ t C ha}^{-1}$, $16.808 \pm 15.645 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$) reportados aquí son inferiores a 36.6 t C ha^{-1} ($\approx 134.32 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$) y $57.15 \pm 41.07 \text{ t ha}^{-1}$ ($27.43 \pm 19.71 \text{ t C ha}^{-1}$, $\approx 100.67 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1}$), encontrados por Notaro et al. (2022) en Nicaragua y Ruiz-García et al. (2022) en México, respectivamente; los SAF cafetaleros presentaron sombra diversificada en las que incluían a *C. alliodora*.

En el panorama nacional, Solís et al. (2020), informaron $46.1 \pm 13.3 \text{ t C ha}^{-1}$ y $10 \pm 2 \text{ t C ha}^{-1}$ en la biomasa aérea y radicular, respectivamente, en los árboles de SAF cafetaleros cultivados en la región San Martín; estos resultados son superiores a los encontrados aquí ($3.741 \pm 3.757 \text{ t C ha}^{-1}$ y $0.659 \pm 0.508 \text{ t C ha}^{-1}$, carbono en la biomasa aérea y radicular, respectivamente). En la misma región, los resultados para el carbono de la biomasa aérea de Jezeer et al. (2019), también fue superior, siendo igual a $31 \pm 81 \text{ t C ha}^{-1}$, en SAF cafetaleros donde la sombra principal correspondía a árboles del género *Inga*. En la región Huánuco, los resultados superiores publicado por Gonzales (2018) para biomasa aérea y carbono fueron 41.44 t ha^{-1} y $18.65 \text{ t C ha}^{-1}$, respectivamente, en árboles de *I. edulis* bajo SAF cafetaleros. Por su parte, Ehrenbergerová et al. (2016) en SAF cafetaleros de la región Pasco, informaron resultados de carbono promedio por individuo equivalentes a $115 \pm 51 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Inga* spp., $387 \pm 152 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Pinus* spp., y $270 \pm 197 \text{ kg C árbol}^{-1}$ para *Eucalyptus* spp., en todos los casos superiores a lo reportado aquí para *C. alliodora* ($109.041 \pm 101.497 \text{ kg C árbol}^{-1}$). Además, los SAF cafetaleros con sombra de *Pinus* spp. secuestraron $57.5 \pm 4.5 \text{ t C ha}^{-1}$ y $13.7 \pm 1.1 \text{ t C ha}^{-1}$ en la biomasa aérea y radicular, respectivamente.

En la perspectiva local, Sánchez et al. (2021) informaron que los individuos de *C. alliodora* bajo SAF de los distritos de Chirinos y San Ignacio, secuestraron $94.522 \text{ t C ha}^{-1}$ de entre la biomasa aérea de los árboles y los arbustos de café. En parte de la zona de este estudio (localidad de San Miguel de Las Naranjas, distrito de Jaén), se reportaron 6.69 t C ha^{-1} ($1.03\text{--}8.37 \text{ t C ha}^{-1}$) de carbono fustal y 24.92 t C en la biomasa aérea de *C. alliodora*, según Cieza (2019) y Jiménez (2024), respectivamente. En ambos casos, los resultados presentados aquí lo superaron ampliamente.

La dinámica de la biomasa y carbono en los árboles de *C. alliodora* bajo SAF cafetaleros está influenciada por muchos factores; por ejemplo, las condiciones de suelo y clima (Notaro et al., 2022) el gradiente altitudinal de los SAF (Asanok et al., 2024; Gonzales,

2018), índices de riqueza y diversidad arbórea que componen la sombra (Asanok et al., 2024; Lugo-Pérez et al., 2023; Ruiz-García et al., 2022), distribución espacial de los árboles dentro de la finca (De Leijster et al., 2021), las dimensiones de los árboles (DAP, altura total, densidad de la madera) (Notaro et al., 2022; Segura et al., 2006), la edad y la densidad de tallos (H. J. Andrade et al., 2023), entre otros. Esto explica la diferencia significativa en los resultados reportados aquí con lo que informaron otros estudios.

La incorporación de *C. alliodora* en los sistemas de cultivo de café podría modificar significativamente la huella de carbono de este modelo productivo, pasando de ser emisores netos de GEI a actuar como sumideros netos de carbono (Andrade et al., 2014). Este cambio permitiría alcanzar la neutralidad de carbono (Birkenberg y Birner, 2018), junto con los beneficios económicos y comerciales asociados (Birkenberg et al., 2021). Por ejemplo, *C. alliodora*, a una densidad de 60 árboles ha⁻¹, puede secuestrar 260 t CO₂ ha⁻¹ durante los primeros 20 años (un secuestro medio de 13 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹ equivalentes a 3.5 t C ha⁻¹ año⁻¹), sin considerar la biomasa radicular (18-21 % adicional) (H. J. Andrade et al., 2023). Esto sugiere que prolongar la permanencia de individuos de esta especie dentro del SAF podría favorecer un mayor secuestro de carbono, aumentar la estabilidad del carbono almacenado en la biomasa y, como resultado, generar más créditos por reducción de emisiones y mejorar la rentabilidad del sistema (Walde et al., 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. Se elaboró un inventario detallado de 2 720 árboles de *C. alliodora* en parcelas agroforestales cafetaleras certificadas del distrito de Jaén, de los cuales se analizaron datos de 2 418 individuos con características variables en DAP, altura total y volumen comercial. El DAP promedio fue 22.176 ± 8.384 cm (10- 57.932 cm), la altura total media fue 10.072 ± 2.776 m (3-22 m) y el volumen comercial promedio fue 0.184 ± 0.183 m³ árbol⁻¹ (0.008-1.676 m³ árbol⁻¹).
2. Cuantificamos el carbono capturado mediante ecuaciones alométricas específicas, valorando de esta manera que, en promedio cada árbol de *C. alliodora* almacena $\approx 109.041 \pm 101.497$ kg C (6.573-768.084 kg C), es decir, $\approx 400.180 \pm 372.493$ kg CO₂ (24.123-2 818.867 kg CO₂). Con una densidad media de 42 árboles ha⁻¹, el secuestro de carbono ascendería a 4.580 ± 4.263 t C ha⁻¹ ($\approx 16.808 \pm 15.645$ t CO₂ ha⁻¹).
3. Determinamos según el análisis estadístico, una correlación significativa entre el DAP-biomasa total ($\rho = 0.963^{**}$, $p < 0.01$) y la altura total-biomasa total ($\rho = 0.735^{**}$, $p < 0.01$), el DAP resultó mejor variable predictora que la altura total, debido a la arquitectura propia de cada árbol y a las alteraciones estructurales inducidas por prácticas de poda destinadas al manejo de la sombra modifican el crecimiento natural.
4. Demostramos que, *C. alliodora* juega un papel decisivo en la captura de carbono en los cafetales certificados, lo que ayuda a la sostenibilidad ambiental de estos sistemas y contribuye a mitigar el cambio climático. Por ello, es vital promover el manejo y la conservación de especies nativas como *C. alliodora* en contextos productivos sostenibles, ya que mejoran la calidad de los sistemas agroforestales y la resiliencia ecológica del paisaje cafetalero.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addo-Danso, S. D., Prescott, C. E., y Smith, A. R. (2016). Methods for estimating root biomass and production in forest and woodland ecosystem carbon studies: A review. *Forest Ecology and Management*, 359, 332–351. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.08.015>
- Ahmed, S. K. (2024). How to choose a sampling technique and determine sample size for research: A simplified guide for researchers. *Oral Oncology Reports*, 12, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.oor.2024.100662>
- Al-Abdulkader, A. M., Al-Aamazi, A. A., Alturki, T. A., Al-Khuraish, M. M., y Al-Dakhil, A. I. (2017). Optimizing coffee cultivation and its impact on economic growth and export earnings of the producing countries: The case of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(4), 776–782. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.016>
- Andrade, C. (2021). The inconvenient truth about convenience and purposive samples. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 43(1), 86–88. <https://doi.org/10.1177/0253717620977000>
- Andrade, H. J., Segura, M. A., Canal, D. S., Feria, M., Alvarado, J. J., Marín, L. M., Pachón, D., y Gómez, M. J. (2014). The carbon footprint of coffee production chains in Tolima, Colombia. In M. Oelbermann (Ed.), *Sustainable agroecosystems in climate change mitigation* (pp. 53–66). Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-788-2_3
- Andrade, H. J., Segura, M. A., y Suárez, J. C. (2023). Growth and carbon sequestration in biomass of *Cordia alliodora* in Andean agroforestry systems with coffee. *Agroforestry Systems*, 97, 1435–1446. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00868-6>

- Ararsa, F., y Endalamaw, T. B. (2024). Carbon sequestration potential of coffee based agroforestry systems in Nono Sale Forest, Southwest Ethiopia. *International Journal of Environmental Protection and Policy*, 12(2), 44–53. <https://doi.org/10.11648/j.ijepp.20241202.12>
- Arteaga, B., y Castelán, M. (2008). Evaluación dasométrica temprana de una plantación agroforestal de tres especies introducidas, en el municipio de Huehuetla, Hidalgo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 14(2), 105–111.
- Asanok, L., Krueama, K., Pakketanang, J., y Chiangrang, P. (2024). Variation of shade tree composition and carbon stock of smallholder coffee agroforestry systems along an elevation gradient in Khun Mae Kuang Forest area, northern Thailand. *Agroforestry Systems*, 98, 3045–3060. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01073-9>
- Baker, T. R., Phillips, O. L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T. J., Laurance, S. G., Laurance, W. F., Lewis, S. L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D. A., Patiño, S., Pitman, N. C. A., Silva, J. N. M., y Vásquez, R. (2004). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10(5), 545–562. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00751.x>
- Barlow, J., Lennox, G. D., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A. C., Nally, R. Mac, Thomson, J. R., Ferraz, S. F. de B., Louzada, J., Oliveira, V. H. F., Parry, L., Solar, R. R. de C., Vieira, I. C. G., Aragão, L. E. O. C., Begotti, R. A., Braga, R. F., Cardoso, T. M., de Oliveira Jr, R. C., Souza Jr, C. M., ... Gardner, T. A. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, 535, 144–147. <https://doi.org/10.1038/nature18326>

- Barturén, L. (2018). *Sobrevivencia de Cordia alliodora, Pinus tecunumanii, Eucalyptus saligna, Cedrela odorata del Proyecto “Microcuenca San Miguel de las Naranjas” - Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/115>
- Bashkin, V. N. (2019). Carbon biogeochemical cycle and consequences of climate changes. In *Encyclopedia of Ecology* (2nd ed., pp. 37–47). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11147-9>
- Berenguer, E., Gardne, T. A., Ferreira, J., Aragão, L. E. O. C., Nally, R. Mac, Thomson, J. R., Vieira, I. C. G., y Barlow, J. (2018). Seeing the woods through the saplings: Using wood density to assess the recovery of human-modified Amazonian forests. *Journal of Ecology*, 106(6), 2190–2203. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12991>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (O. Fernández (Ed.); 3rd ed.). Pearson Educación.
- Berrou, A., Raybaut, M., Godard, A., y Lefebvre, M. (2010). High-resolution photoacoustic and direct absorption spectroscopy of main greenhouse gases by use of a pulsed entangled cavity doubly resonant OPO. *Applied Physics B*, 98, 217–230. <https://doi.org/10.1007/s00340-009-3710-x>
- Birkenberg, A., y Birner, R. (2018). The world’s first carbon neutral coffee: Lessons on certification and innovation from a pioneer case in Costa Rica. *Journal of Cleaner Production*, 189, 485–501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.226>
- Birkenberg, A., Narjes, M. E., Weinmann, B., y Birner, R. (2021). The potential of carbon neutral labeling to engage coffee consumers in climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123621. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123621>

- Birkmann, J., Liwenga, E., Pandey, R., Boyd, E., Djalante, R., Gemenne, F., Leal Filho, W., Pinho, P. F., Stringer, L., y Wrathall, D. (2022). Poverty, livelihoods and sustainable development. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, y B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1171–1274). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.010>
- Bouchard, E., Searle, E. B., Drapeau, P., Liang, J., Gamarra, J. G. P., Abegg, M., Alberti, G., Almeyda, A., Alvarez-Davila, E., Alves, L. F., Avitabile, V., Aymard, G., Bastin, J.-F., Birnbaum, P., Bongers, F., Bouriaud, O., Brancalion, P., Broadbent, E., Bussotti, F., ... Paquette, A. (2024). Global patterns and environmental drivers of forest functional composition. *Global Ecology and Biogeography*, 33(2), 303–324. <https://doi.org/10.1111/geb.13790>
- Brusseau, M L. (2019). Ecosystems and Ecosystem Services. In Mark L Brusseau, I. L. Pepper, y C. P. Gerba (Eds.), *Environmental and Pollution Science* (3rd ed., pp. 89–102). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00006-9>
- Buyinza, J., Ongodia, G., Mudondo, S., Fungo, B., y Natwaluma, G. (2025). *Coffee agroforestry: Training handbook - Most suitable for Training of Trainers*. CIFOR-ICRAF. <https://doi.org/10.17528/cifor-icraf/009369>
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., y Baumgardner, G. A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s004420050201>

- Canadell, J. G., Monteiro, P. M. S., Costa, M. H., da Cunha, L. C., Cox, P. M., Eliseev, A. V, Henson, S., Ishii, M., Jaccard, S., Koven, C., Lohila, A., Patra, P. K., Piao, S., Rogelj, J., Syampungani, S., Zaehle, S., y Zickfeld, K. (2021). Global carbon and other biogeochemical cycles and feedbacks. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 673–816). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.007>
- Cardinael, R., Cadisch, G., Gosme, M., Oelbermann, M., y van Noordwijk, M. (2021). Climate change mitigation and adaptation in agriculture: Why agroforestry should be part of the solution. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 319, 107555. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107555>
- Carranza, J. (2023). *Guía de inventarios en pequeñas plantaciones forestales o sistemas agroforestales con fines de aprovechamiento maderable*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).
- Castro, A., Davila, C., Laura, W., Cubas, F., Avalos, G., López, C., Villena, D., Valdez, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L., y Marín, D. (2021). *Climas del Perú: Mapa de clasificación climática nacional* (1st ed.). SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (Senamhi). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Cessa-Reyes, V., Ruiz-Rosado, O., y Armida-Alcudia, L. (2020). The coffee agroforestry system in Mexico. *Agroproductividad*, 13(11), 45–51. <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i11.1811>

- Chaturvedi, R. K., Raghubanshi, A. S., Tomlinson, K. W., y Singh, J. S. (2017). Impacts of human disturbance in tropical dry forests increase with soil moisture stress. *Journal of Vegetation Science*, 28(5), 997–1007. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., y Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12(4), 351–366. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Chemeda, B. A., Wakjira, F. S., y Hizikias, E. B. (2022). Tree diversity and biomass carbon stock analysis along altitudinal gradients in coffee-based agroforestry system of Western Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 8, 1–20. <https://doi.org/10.1080/23311932.2022.2123767>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R. B., Piao, S., y Thornton, P. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, y P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 465–570). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/carbon-and-other-biogeochemical-cycles/>
- Cieza, W. (2019). *Cuantificación de captura de carbono del fuste de Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken con redes neuronales artificiales del distrito y provincia de Jaén - Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3035>

- Cissé, G., McLeman, R., Adams, H., Aldunce, P., Bowen, K., Campbell-Lendrum, D., Clayton, S., Ebi, K. L., Hess, J., Huang, C., Liu, Q., McGregor, G., Semenza, J., y Tirado, M. C. (2022). Health, wellbeing, and the changing structure of communities. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, y B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1041–1170). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.009>
- Clemente-Arenas, E. R. (2021). Captura de carbono en sistemas agroforestales en el Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 36(2), 180–196. <https://doi.org/10.21704/rfp.v36i2.1797>
- Cudemus, L., García Cartagena, C. M., y Marx, L. (2024). *Impact of shade-grown coffee and cocoa agroforestry in watersheds of the Dominican Republic: A study by The Nature Conservancy's Nature Climate Solutions Prototyping Network*. The Nature Conservancy.
- Dai, Z., Yu, M., Chen, H., Zhao, H., Huang, Y., Su, W., Xia, F., Chang, S. X., Brookes, P. C., Dahlgren, R. A., y Xu, J. (2020). Elevated temperature shifts soil N cycling from microbial immobilization to enhanced mineralization, nitrification and denitrification across global terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 29(9), 5267–5276. <https://doi.org/10.1111/gcb.15211>
- DaMatta, F., y Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 113–123. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14411>

- Davis, H., Rice, R., Rockwood, L., Wood, T., y Marra, P. (2019). The economic potential of fruit trees as shade in blue mountain coffee agroecosystems of the Yallahs River watershed, Jamaica W.I. *Agroforestry Systems*, 93, 581–589. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0152-z>
- De Leijster, V., Santos, M. J., Wassen, M. W., Camargo García, J. C., Llorca Fernandez, I., Verkuil, L., Scheper, A., Steenhuis, M., y Verweij, P. A. (2021). Ecosystem services trajectories in coffee agroforestry in Colombia over 40 years. *Ecosystem Services*, 48, 101246. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101246>
- Devaraju, N., Bala, G., Caldeira, K., y Nemani, R. (2016). A model based investigation of the relative importance of CO₂-fertilization, climate warming, nitrogen deposition and land use change on the global terrestrial carbon uptake in the historical period. *Climate Dynamics*, 47(1–2), 173–190. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2830-8>
- Dixon, R. K. (1995). Agroforestry systems: sources of sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31, 99–116. <https://doi.org/10.1007/BF00711719>
- Dontsova, K., Balogh-Brunstad, Z., y Roux, G. Le (Eds.). (2020). *Biogeochemical cycles: Ecological drivers and environmental impact* (1st ed.). American Geophysical Union and John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119413332>
- Duressa, E. L. (2018). Discourse analysis of origin and distribution of coffee arabica. *American Research Journal of History and Culture*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.21694/2379-2914.18001>
- Ebi, K. L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R. S., Ma, W., Malik, A., Morris, N. B., Nybo, L., Seneviratne, S. I., Vanos, J., y Jay, O. (2021). Hot weather and heat extremes: health risks. *Lancet*, 398, 698–708. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3)

- Ehrenbergerová, L., Cienciala, E., Kučera, A., Guy, L., y Habrová, H. (2016). Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru. *Agroforestry Systems*, 90, 433–445. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9865-z>
- FAO. (2021). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>
- FAOSTAT. (2025). *Cultivos y productos de ganadería: exportaciones de café*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>
- Farfán, F. (2007). Producción café en sistemas agroforestales. In H. Ospina y S. Marín (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 161–200). Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>
- Farfán, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) – Cenicafé.
- Farfán, F. (2020). Administración del cultivo del café en sistemas agroforestales – SAF. In Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo agronómico de los sistemas de producción de café* (pp. 72–123). Cenicafe. https://doi.org/10.38141/10791/0002_3
- Feller, C., Albrecht, A., Blanchart, E., Cabidoche, Y. M., Chevallier, T., Hartmann, C., Eschenbrenner, V., Larré-Larrouy, M. C., y Ndandou, J. F. (2001). Soil organic carbon sequestration in tropical areas. General considerations and analysis of some edaphic determinants for Lesser Antilles soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61, 19–31. <https://doi.org/10.1023/A:1013359319380>
- Fernández-Martínez, M., Sardans, J., Chevallier, F., Ciais, P., Obersteiner, M., Vicca, S., Canadell, J. G., Bastos, A., Friedlingstein, P., Sitch, S., Piao, S. L., Janssens, I. A., y Peñuelas, J. (2019). Global trends in carbon sinks and their relationships with CO₂ and temperature. *Nature Climate Change*, 9, 73–79. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0367-7>

- Fernandez, F., León, J., Huaccha, A., y Aguirre, F. (2019). Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca. *Revista Pakamuros*, 7(1), 80–91. <https://doi.org/10.37787/4fgnsp86>
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G., y Villasís-Keever, M. Á. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial. *Revista Alergia México*, 64(3), 364–370. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i3.304>
- Forzieri, G., Alkama, R., Miralles, D. G., y Cescatti, A. (2017). Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread greening of Earth. *Science*, 356(6343), 1180–1184. <https://doi.org/10.1126/science.aal1727>
- Franca, A. S., y Oliveira, L. S. (2019). Coffee. In Z. Pan, R. Zhang, y S. Zicari (Eds.), *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* (pp. 413–438). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00017-4>
- Friedlingstein, P., O’Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Anthoni, P., ... Zheng, B. (2023). Global carbon budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12), 5301–5369. <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>
- Friedlingstein, P., O’Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Alkama, R., ... Zheng, B. (2022). Global carbon budget 2022. *Earth System Science Data*, 14, 4811–4900. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>

- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Li, H., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., ... Zeng, J. (2025). Global carbon budget 2024. *Earth System Science Data*, 17(3), 965–1039. <https://doi.org/10.5194/essd-17-965-2025>
- Gabric, A. J. (2023). The climate change crisis: a review of its causes and possible responses. *Atmosphere*, 14(7), 1081. <https://doi.org/10.3390/atmos14071081>
- García-Cox, W., López-Tobar, R., Herrera-Feijoo, R. J., Tapia, A., Heredia-R, M., Toulkeridis, T., y Torres, B. (2023). Floristic composition, structure, and aboveground biomass of the moraceae family in an evergreen andean amazon forest, Ecuador. *Forests*, 14(7), 1406. <https://doi.org/10.3390/f14071406>
- Glikson, A. (2018). The lungs of the Earth: Review of the carbon cycle and mass extinction of species. *Energy Procedia*, 146, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.002>
- Golicz, K., Bellingrath-Kimura, S., Breuer, L., y Wartenberg, A. C. (2022). Carbon accounting in European agroforestry systems – Key research gaps and data needs. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2022.100134>
- Gomes, L. C., Bianchi, F. J. J. A., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., Filho, E. I. F., y Schulte, R. P. O. (2020). Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 294, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>
- Gonzales, J. (2018). *Carbono almacenado en sistemas agroforestales de Coffea arábica L. “Café” de 4 y 7 años en relación a la gradiente altitudinal, Huanuco* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1476>

- Grace, J. (2013). Carbon cycle. In *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd ed., Vol. 1, pp. 674–684). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00306-3>
- Gruber, N., Clement, D., Carter, B. R., Feely, R. A., VanHeuven, S., Hoppema, M., Ishii, M., Key, R. M., Kozyr, A., Lauvset, S. K., Lo Monaco, C., Mathis, J. T., Murata, A., Olsen, A., Perez, F. F., Sabine, C. L., Tanhua, T., y Wanninkhof, R. (2019). The oceanic sink for anthropogenic CO₂ from 1994 to 2007. *Science*, 363(6432), 1193–1199. <https://doi.org/10.1126/science.aau5153>
- Gruber, N., Landschützer, P., y Lovenduski, N. S. (2019). The variable southern ocean carbon sink. *Annual Review of Marine Science*, 11, 159–186. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063407>
- Gulev, S. K., Thorne, P. W., Ahn, J., Dentener, F. J., Domingues, C. M., Gerland, S., Gong, D., Kaufman, D. S., Nnamchi, H. C., Quaas, J., Rivera, J. A., Sathyendranath, S., Smith, S. L., Trewin, B., von Schuckmann, K., y Vose, R. S. (2021). Changing state of the climate system. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 287–422). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.004.288>
- Hain, M. P., Allen, K. A., y Turner, S. K. (2025). Earth system carbon cycle dynamics through time. In *Treatise on Geochemistry* (3rd ed., pp. 381–418). Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99762-1.00080-2>

- Hansen, J. E., Kharecha, P., Sato, M., Tselioudis, G., Kelly, J., Bauer, S. E., Ruedy, R., Jeong, E., Jin, Q., Rignot, E., Velicogna, I., Schoeberl, M. R., von Schuckmann, K., Amponsem, J., Cao, J., Keskinen, A., Li, J., y Pokela, A. (2025). Global warming has accelerated: are the United Nations and the public well-informed? *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 67(1), 6–44.
<https://doi.org/10.1080/00139157.2025.2434494>
- Hauck, J., Zeising, M., Le Quéré, C., Gruber, N., Bakker, D. C. E., Bopp, L., Chau, T. T. T., Gürses, Ö., Ilyina, T., Landschützer, P., Lenton, A., Resplandy, L., Rödenbeck, C., Schwinger, J., y Séférian, R. (2020). Consistency and challenges in the ocean carbon sink estimate for the global carbon budget. *Frontiers in Marine Science*, 7(571720).
<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.571720>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1st ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, O., Beer, J., y von Platen, H. (1997). Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas*, 4(13), 8–13. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6774>
- Howard, J. T., Androne, N., Alcover, K. C., y Santos-Lozada, A. R. (2024). Trends of heat-related deaths in the US, 1999-2023. *JAMA*, 332(14), 1203–1204.
<https://doi.org/10.1001/jama.2024.16386>
- Huang, Y., Ciais, P., Santoro, M., Makowski, D., Chave, J., Schepaschenko, D., Abramoff, R. Z., Goll, D. S., Yang, H., Chen, Y., Wei, W., y Piao, S. (2021). A global map of root biomass across the world's forests. *Earth System Science Data*, 13(9), 4263–4274.
<https://doi.org/10.5194/essd-13-4263-2021>

- Huera-Lucero, T., Lopez-Piñeiro, A., Torres, B., y Bravo-Medina, C. (2024). Biodiversity and carbon sequestration in chakra-type agroforestry systems and humid tropical forests of the Ecuadorian Amazon. *Forests*, 15(3), 557. <https://doi.org/10.3390/f15030557>
- Hui, D., Wang, J., Shen, W., Le, X., Ganter, P., y Ren, H. (2014). Near isometric biomass partitioning in forest ecosystems of China. *PLOS ONE*, 9(1), e86550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086550>
- Hummel, S. (2000). Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. *Forest Ecology and Management*, 127(1–3), 31–40. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00120-6)
- Huntzinger, D. N., Michalak, A. M., Schwalm, C., Ciais, P., King, A. W., Fang, Y., Schaefer, K., Wei, Y., Cook, R. B., Fisher, J. B., Hayes, D., Huang, M., Ito, A., Jain, A. K., Lei, H., Lu, C., Maignan, F., Mao, J., Parazoo, N., ... Zhao, F. (2017). Uncertainty in the response of terrestrial carbon sink to environmental drivers undermines carbon-climate feedback predictions. *Scientific Reports*, 7(4765). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03818-2>
- IPCC. (2021). Annex VII: Glossary. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, y B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 2215–2256). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.022>

- IPCC. (2023a). Annex I: Glossary. In Core Writing Team, H. Lee, y J. Romero (Eds.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 119–130). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.002>
- IPCC. (2023b). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, H. Lee, y J. Romero (Eds.)). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Isson, T. T., Planavsky, N. J., Coogan, L. A., Stewart, E. M., Ague, J. J., Bolton, E. W., Zhang, S., McKenzie, N. R., y Kump, L. R. (2020). Evolution of the global carbon cycle and climate regulation on Earth. *Global Biogeochemical Cycles*, 34(2), e2018GB006061. <https://doi.org/10.1029/2018GB006061>
- Jalota, S. K., Vashisht, B. B., Sharma, S., y Kaur, S. (2018). Emission of greenhouse gases and their warming effect. In *Understanding Climate Change Impacts on Crop Productivity and Water Balance* (pp. 1–53). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809520-1.00001-X>
- Janse, R. J., Hoekstra, T., Jager, K. J., Zoccali, C., Triepi, G., Dekker, F. W., y van Diepen, M. (2021). Conducting correlation analysis: important limitations and pitfalls. *Clinical Kidney Journal*, 14(11), 2332–2337. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfab085>
- Jezeer, R. E., Santos, M. J., Verweij, P. A., Boot, R. G. A., y Clough, Y. (2019). Benefits for multiple ecosystem services in Peruvian coffee agroforestry systems without reducing yield. *Ecosystem Services*, 40, 101033. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101033>

- Jiménez, J. (2024). *Estimación de carbono almacenado en plantaciones de Cordia alliodora, Pinus tecunumanii, Eucalyptus saligna y Cedrela odorata del proyecto “Microcuenca San Miguel de Las Naranjas” – Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/6332>
- Kavehei, E., Roberts, M. E., Cadier, C., Griffiths, M., Argent, S., Hamilton, D. P., Lu, J., Bayley, M., y Adame, M. F. (2021). Nitrogen processing by treatment wetlands in a tropical catchment dominated by agricultural landuse. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112800. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112800>
- Keenan, T. F., y Williams, C. A. (2018). The terrestrial carbon sink. *Annual Review of Environment and Resources*, 43, 219–243. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030204>
- Kirk-Davidoff, D. (2018). The greenhouse effect, aerosols, and climate change. In B. Török y T. Dransfield (Eds.), *Green Chemistry: An Inclusive Approach* (pp. 211–234). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00009-1>
- Köhler, P., y Huth, A. (2010). Towards ground-truthing of spaceborne estimates of above-ground life biomass and leaf area index in tropical rain forests. *Biogeosciences*, 7(8), 2531–2543. <https://doi.org/10.5194/bg-7-2531-2010>
- Kraft, N. J. B., Metz, M. R., Condit, R. S., y Chave, J. (2010). The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest data set. *New Phytologist*, 188(4), 1124–1136. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03444.x>
- Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., Quachie, A. T., y Adormaa, B. B. (2018). Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(6), 1–9. <https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/39630>

- Lan, X., Tans, P., y Thoning, K. W. (2025). *Trends in globally-averaged CO₂ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements, version 2025-02*. Global Monitoring Laboratory. <https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07>
- Letcher, T. M. (2019). Why do we have global warming? In T. M. Letcher (Ed.), *Managing Global Warming* (pp. 3–15). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00001-6>
- Letcher, T. M. (2021). Why discuss the impacts of climate change? In T. M. Letcher (Ed.), *The Impacts of Climate Change: A Comprehensive Study of Physical, Biophysical, Social and Political Issues* (pp. 3–17). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00020-3>
- Liang, X., Ye, Q., Liu, H., y Brodribb, T. J. (2021). Wood density predicts mortality threshold for diverse trees. *New Phytologist*, 229(6), 3053–3057. <https://doi.org/10.1111/nph.17117>
- Lim, L.-T., Zwicker, M., y Wang, X. (2019). Coffee : One of the most consumed beverages in the world. In M. Moo-Young (Ed.), *Comprehensive Biotechnology* (3rd ed., Vol. 4, pp. 275–285). Pergamon. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00462-6>
- López, G. M., y Arellanos, E. S. (2022). Diversidad arbórea en sistemas cafetaleros en la provincia de Rodríguez de Mendoza. *Revista Pakamuros*, 10(4), 82–93. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i4.339>
- Loucks, D. P. (2021). Impacts of climate change on economies, ecosystems, energy, environments, and human equity: A systems perspective. In T. M. Letcher (Ed.), *The Impacts of Climate Change: A Comprehensive Study of Physical, Biophysical, Social and Political Issues* (pp. 19–50). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822373-4.00016-1>

- Luebert, F., Cecchi, L., Frohlich, M. W., Gottschling, M., Guilliams, C. M., Hasenstab-Lehman, K. E., Hilger, H. H., Miller, J. S., Mittelbach, M., Nazaire, M., Nepi, M., Nocentini, D., Ober, D., Olmstead, R. G., Selvi, F., Simpson, M. G., Sutorý, K., Valdés, B., Walden, G. K., y Weigend, M. (2016). Familial classification of the Boraginales. *TAXON*, 65(3), 502–522. <https://doi.org/10.12705/653.5>
- Lugo-Pérez, J., Hajian-Forooshani, Z., Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2023). The importance of shade trees in promoting carbon storage in the coffee agroforest systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 355, 108594. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108594>
- Macdonald, E., y Hubert, J. (2002). A review of the effects of silviculture on timber quality of Sitka spruce. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 75(2), 107–138. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.2.107>
- Mack, M. C., Walker, X. J., Johnstone, J. F., Alexander, H. D., Melvin, A. M., Jean, M., y Miller, S. N. (2021). Carbon loss from boreal forest wildfires offset by increased dominance of deciduous trees. *Science*, 373(6539), 280–283. <https://doi.org/10.1126/science.abf3903>
- Mahmood, H., Siddique, M. R. H., y Akhter, M. (2016). A critical review and database of biomass and volume allometric equation for trees and shrubs of Bangladesh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 39, 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/39/1/012057>
- Mahmood, H., Siddique, M. R. H., Birigazzi, L., Abdullah, S. M. R., Henry, M., Siddiqui, B. N., Aziz, T., Ali, S., Al Mamun, A., Forhad, M. I. K., Akhter, M., Iqbal, Z., y Mondol, F. K. (2019). Allometric models for estimating biomass, carbon and nutrient stock in the Sal zone of Bangladesh. *IForest - Biogeosciences and Forestry*, 12(1), 69–75. <https://doi.org/10.3832/ifor2758-011>

- Malhi, Y., Doughty, C., y Galbraith, D. (2011). The allocation of ecosystem net primary productivity in tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366, 3225–3245. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0062>
- Maximillian, J., Brusseau, M. L., Glenn, E. P., y Matthias, A. D. (2019). Pollution and environmental perturbations in the global system. In Mark L Brusseau, I. L. Pepper, y C. P. Gerba (Eds.), *Environmental and Pollution Science* (3rd ed., pp. 457–476). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814719-1.00025-2>
- Mazumder, S. Y., Bania, J. K., Silesh, G. W., Paul, M. K., Das, A. K., y Nath, A. J. (2025). Variation in biomass and soil carbon storage and sequestration rates in different agroforestry systems with climatic zones and soil types. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26, 100642. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100642>
- Mckinley, G. A., Fay, A. R., Eddebbar, Y. A., Gloege, L., y Lovenduski, N. S. (2020). External forcing explains recent decadal variability of the ocean carbon sink. *AGU Advances*, 1(2), e2019AV000149. <https://doi.org/10.1029/2019AV000149>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., y Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: técnicas e instrumentos de investigación* (W. Sucari, P. Aza, y A. Flores (Eds.); 1st ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Medrano-Meraz, F., López-López, M. Á., Ángeles-Pérez, G., Cruz-Cobos, F., y Jozeph-de-Jong, B. H. (2021). Allometric equations for belowground biomass and carbon content of *Pinus patula* Schl. et Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 443–454. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.443>
- Melnikova, I., Ciais, P., Tanaka, K., Shiogama, H., Tachiiri, K., y Boucher, O. (2025). Carbon cycle and climate feedback under CO₂ and non-CO₂ overshoot pathways. *Earth System Dynamics*, 16, 257–273. <https://doi.org/10.5194/esd-16-257-2025>

- Moreira, S. L. S., Pires, C. V., Marcatti, G. E., Santos, R. H. S., Imbuzeiro, H. M. A., y Fernandes, R. B. A. (2018). Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256–257, 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.03.026>
- Moroni, P., O’Leary, N., Nadra, M. G., y Miller, J. S. (2022). Sistemática de Cordiaceae en la Argentina I: Revisión taxonómica del género *Cordia*. *Darwiniana, Nueva Serie*, 10(1), 35–56. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2022.101.1006>
- Muthuri, C. W., Kuyah, S., Njenga, M., Kuria, A., Öborn, I., y van Noordwijk, M. (2023). Agroforestry’s contribution to livelihoods and carbon sequestration in East Africa: A systematic review. *Trees, Forests and People*, 14, 100432. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2023.100432>
- Nair, P. K. R., y Nair, V. D. (2014). ‘Solid–fluid–gas’: the state of knowledge on carbon-sequestration potential of agroforestry systems in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.014>
- Nam, V. T., van Kuijk, M., y Anten, N. P. R. (2016). Allometric equations for aboveground and belowground biomass estimations in an evergreen forest in Vietnam. *PLoS ONE*, 11(6), e0156827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156827>
- Nandakishor, T. M., Gopi, G., Champatan, V., Sukesh, A., y Aravind, P. V. (2022). Agroforestry in shade coffee plantations as an emission reduction strategy for tropical regions: Public acceptance and the role of tree banking. *Frontiers in Energy Research*, 10, 758372. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.758372>
- Notaro, M., Gary, C., Le Coq, J.-F., Metay, A., y Rapidel, B. (2022). How to increase the joint provision of ecosystem services by agricultural systems. Evidence from coffee-based agroforestry systems. *Agricultural Systems*, 196, 103332. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103332>

- O'Sullivan, M., Spracklen, D. V., Batterman, S. A., Arnold, S. R., Gloor, M., y Buermann, W. (2019). Have synergies between nitrogen deposition and atmospheric CO₂ driven the recent enhancement of the terrestrial carbon sink? *Global Biogeochemical Cycles*, 33(2), 163–180. <https://doi.org/10.1029/2018GB005922>
- Oumasst, A., Tioudji, F. E., Tabi, S., Zahidi, A., El Mousadik, A., El Finti, A., Aitlhaj, A., y Hallam, J. (2024). Development of allometric equations to determine the biomass of plant components and the total storage of carbon dioxide in young mediterranean argan trees. *Sustainability*, 16(11), 4592. <https://doi.org/10.3390/su16114592>
- Paramasivam, G., Rao, I. R., y Prabhu, M. A. (2024). Normality testing in statistics: what clinician–researchers should know. *Heart Failure Journal of India*, 2(1), 55–60. <https://doi.org/10.4103/HFJI.HFJI>
- Parmesan, C., Morecroft, M. D., Trisurat, Y., Adrian, R., Anshari, G. Z., Arneth, A., Gao, Q., Gonzalez, P., Harris, R., Price, J., Stevens, N., y Talukdarr, G. H. (2022). Terrestrial and freshwater ecosystems and their services. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, y B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 197–377). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.004>
- Parresol, B. R., y Devall, M. S. (2013). Patterns of diametric growth in stem-analyzed laurel trees (*Cordia alliodora*) in a Panamanian forest. *The Southwestern Naturalist*, 58(2), 170–178. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/48861>
- Paulos, M. (2022). Farmer's preferences on selection of shade trees species for coffee production and management system in Assosa Zone, in northern western part Ethiopia. *South Asian Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 8–14.

- Pérez-Ramos, I. M., Matías, L., Gómez-Aparicio, L., y Godoy, Ó. (2019). Functional traits and phenotypic plasticity modulate species coexistence across contrasting climatic conditions. *Nature Communications*, 10(2555). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10453-0>
- Pérez, S. H., y Maquen, G. L. (2013). Identificación y caracterización silviculturales de *Cordia alliodora*, en bosques de Jaén y San Ignacio. *Revista Pakamuros*, 1(1), 51–59. <https://doi.org/10.37787/cyj3fx44>
- Picard, N., Saint-André, L., y Henry, M. (2012). *Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción*. Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).
- Pineda-Herrera, E., Manzano-Méndez, F., Valdez-Hernández, J., y Beltrán-Rodríguez, L. (2018). Crecimiento diamétrico de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en un sistema agroforestal de Oaxaca, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(37), 25–33. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v15i37.3600>
- Poorter, H., Niklas, K. J., Reich, P. B., Oleksyn, J., Poot, P., y Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193(1), 30–50. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- Poorter, L., McDonald, I., Alarcón, A., Fichtler, E., Licona, J.-C., Peña-Claros, M., Sterck, F., Villegas, Z., y Sass-Klaassen, U. (2010). The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. *New Phytologist*, 185(2), 481–492. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03092.x>

- Poorter, L., Rozendaal, D. M. A., Bongers, F., Almeida-Cortez, J. S. de, Almeyda, A., Álvarez, F. S., Andrade, J. L., Arreola, L., Balvanera, P., Becknell, J. M., Bentos, T. V., Bhaskar, R., Boukili, V., Brancalion, P. H. S., Broadbent, E. N., César, R. G., Chave, J., Chazdon, R. L., Colletta, G. D., ... Westoby, M. (2019). Wet and dry tropical forests show opposite successional pathways in wood density but converge over time. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 928–934. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0882-6>
- Prasad, P. V. V., Thomas, J. M. G., y Narayanan, S. (2017). Global warming effects. In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences* (2nd ed., Vol. 3, pp. 289–299). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00013-7>
- Pyles, M. V., Magnago, L. F. S., Maia, V. A., Pinho, B. X., Pitta, G., de Gasper, A. L., Vibrans, A. C., dos Santos, R. M., van den Berg, E., y Lima, R. A. F. (2022). Human impacts as the main driver of tropical forest carbon. *Science Advances*, 8(24), eabl7968. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl7968>
- Qi, Y., Wei, W., Chen, C., y Chen, L. (2019). Plant root-shoot biomass allocation over diverse biomes: A global synthesis. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00606. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00606>
- Raich, J. W., Clark, D. A., Schwendenmann, L., y Wood, T. E. (2014). Aboveground tree growth varies with belowground carbon allocation in a tropical rainforest environment. *PLoS ONE*, 9(6), e100275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100275>
- Rawat, A., Kumar, D., y Khati, B. S. (2024). A review on climate change impacts, models, and its consequences on different sectors: a systematic approach. *Journal of Water and Climate Change*, 15(1), 104–126. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.536>

- Rawat, A., Kumar, P., y Deoli, V. (2019). Daily monsoon rainfall prediction using Artificial Neural Network (ANN) for Parbhani district of Maharashtra. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(12), 1949–1963. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.812.233>
- Reich, P. B., Luo, Y., Bradford, J. B., Poorter, H., Perry, C. H., y Oleksyn, J. (2014). Temperature drives global patterns in forest biomass distribution in leaves, stems, and roots. *PNAS*, 111(38), 13721–13726. <https://doi.org/10.1073/pnas.1216053111>
- Reichle, D. E. (2023). The global carbon cycle and the biosphere. In *The global carbon cycle and climate change: scaling ecological energetics from organism to the biosphere* (2nd ed., pp. 235–283). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18775-9.00014-0>
- Reis, S. M., Marimon, B. S., Esquivel-Muelbert, A., Marimon Jr, B. H., Morandi, P. S., Elias, F., de Oliveira, E. A., Galbraith, D., Feldpausch, T. R., Menor, I. O., Malhi, Y., y Phillips, O. L. (2022). Climate and crown damage drive tree mortality in southern Amazonian edge forests. *Journal of Ecology*, 110(4), 876–888. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13849>
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keever, M. Á., y Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397–407. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i4.230>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Gregg, J. W., Rockström, J., Mann, M. E., Oreskes, N., Lenton, T. M., Rahmstorf, S., Newsome, T. M., Xu, C., Svenning, J.-C., Pereira, C. C., Law, B. E., y Crowther, T. W. (2024). The 2024 state of the climate report: perilous times on planet Earth. *BioScience*, 74(12), 812–824. <https://doi.org/10.1093/biosci/biae087>

- Robiglio, V., Baca, M. G., Donovan, J., Bunn, C., Reyes, M., Gonzáles, D., y Sánchez, C. (2017). *Impacto del cambio climático sobre la cadena de valor del café en el Perú*. Oficina Regional para América Latina (ICRAF)-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Robinson, A., Lehmann, J., Barriopedro, D., Rahmstorf, S., y Coumou, D. (2021). Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4(45). <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A. I., Valdés-Velarde, E., Escamilla-Prado, E., y Gómez-Díaz, J. D. (2022). Reservas de carbono en sistemas agroforestales con café (*C. arabica* L.) ante el cambio climático: caso México. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3). <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48671>
- Sánchez, A., y Vásquez, C. (2010). *Mapa climático: departamento de Cajamarca*. Gobierno Regional de Cajamarca. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>
- Sánchez, I., Flores, Y. M., y León, J. A. (2021). Captura de carbono en plantación forestal de laurel y sistema agroforestal laurel – café en la Provincia de San Ignacio. *Revista Pakamuros*, 9(4), 160–173. <https://doi.org/10.37787/7k96a777>
- Santoro, M., Cartus, O., Carvalhais, N., Rozendaal, D. M. A., Avitabile, V., Araza, A., de Bruin, S., Herold, M., Quegan, S., Rodríguez-Veiga, P., Balzter, H., Carreiras, J., Schepaschenko, D., Korets, M., Shimada, M., Itoh, T., Martínez, Á. M., Cavlovic, J., Gatti, R. C., ... Willcock, S. (2021). The global forest above-ground biomass pool for 2010 estimated from high-resolution satellite observations. *Earth System Science Data*, 13(8), 3927–3950. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3927-2021>

- Sanudin, Widiyanto, A., Fauziyah, E., y Sundawati, L. (2024). Management of coffee agroforestry systems: lessons learned from a social forestry program in West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1315, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1315/1/012002>
- Schimel, D., Stephens, B. B., y Fisher, J. B. (2015). Effect of increasing CO₂ on the terrestrial carbon cycle. *PNAS*, 112(2), 436–441. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407302112>
- Segura, M., Kanninen, M., y Suárez, D. (2006). Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems*, 68(2), 143–150. <https://doi.org/10.1007/s10457-006-9005-x>
- Seidel, S. J., Ahmadi, S. H., Weihermüller, L., Couëdel, A., Lopez, G., Behrend, D., Kamali, B., Gaiser, T., y Hernández-Ochoa, I. M. (2024). The overlooked effects of environmental impacts on root:shoot ratio in experiments and soil-crop models. *Science of The Total Environment*, 955, 176738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176738>
- Sileshi, G. W. (2014). A critical review of forest biomass estimation models, common mistakes and corrective measures. *Forest Ecology and Management*, 329, 237–254. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.026>
- Slik, J. W. F., Aiba, S.-I., Brearley, F. Q., Cannon, C. H., Forshed, O., Kitayama, K., Nagamasu, H., Nilus, R., Payne, J., Paoli, G., Poulsen, A. D., Raes, N., Sheil, D., Sidiyasa, K., Suzuki, E., y van Valkenburg, J. L. C. H. (2010). Environmental correlates of tree biomass, basal area, wood specific gravity and stem density gradients in Borneo's tropical forests. *Global Ecology and Biogeography*, 19(1), 50–60. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00489.x>

- Slik, J. W. F., Bernard, C. S., Breman, F. C., Beek, M. V. A. N., Salim, A., y Sheil, D. (2008). Wood density as a conservation tool: quantification of disturbance and identification of conservation-priority areas in tropical forests. *Conservation Biology*, 22(5), 1299–1308. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00986.x>
- Smyth, C. E., Kurz, W. A., Neilson, E. T., y Stinson, G. (2013). National-scale estimates of forest root biomass carbon stocks and associated carbon fluxes in Canada. *Global Biogeochemical Cycles*, 27(4), 1262–1273. <https://doi.org/10.1002/2012GB004536>
- Sochacki, S. J., Ritson, P., Brand, B., Harper, R. J., y Dell, B. (2017). Accuracy of tree root biomass sampling methodologies for carbon mitigation projects. *Ecological Engineering*, 98, 264–274. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.004>
- Solis, R., Vallejos-Torres, G., Arévalo, L., Marín-Díaz, J., Ñique-Alvarez, M., Engedal, T., y Bruun, T. B. (2020). Carbon stocks and the use of shade trees in different coffee growing systems in the Peruvian Amazon. *The Journal of Agricultural Science*, 158(6), 450–460. <https://doi.org/10.1017/S002185962000074X>
- Somarriba, E., Meléndez, L., Campos, W., y Lucas, C. (1995). *Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica: manejo, crecimiento y producción de cacao y madera*. CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/582>
- Somarriba, E., Valdivieso, R., Vásquez, W., y Galloway, G. (2001). Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 51, 111–118. <https://doi.org/10.1023/A:1010699019745>

- Sommerfeld, A., Senf, C., Buma, B., D'Amato, A. W., Després, T., Díaz-Hormazábal, I., Fraver, S., Frelich, L. E., Gutiérrez, Á. G., Hart, S. J., Harvey, B. J., He, H. S., Hlásny, T., Holz, A., Kitzberger, T., Kulakowski, D., Lindenmayer, D., Mori, A. S., Müller, J., ... Seidl, R. (2018). Patterns and drivers of recent disturbances across the temperate forest biome. *Nature Communications*, 9(4355). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06788-9>
- Sørensen, B. (2017). Greenhouse warming research. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (pp. 1–13). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09732-3>
- Swenson, N. G., y Enquist, B. J. (2007). Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community-wide variation across latitude and elevation. *American Journal of Botany*, 94(3), 451–459. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.3.451>
- Syukuro, M. (2019). Role of greenhouse gas in climate change. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 71(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/16000870.2019.1620078>
- Tagesson, T., Schurgers, G., Horion, S., Ciais, P., Tian, F., Brandt, M., Ahlström, A., Wigner, J.-P., Ardö, J., Olin, S., Fan, L., Wu, Z., y Fensholt, R. (2020). Recent divergence in the contributions of tropical and boreal forests to the terrestrial carbon sink. *Nature Ecology & Evolution*, 4, 202–209. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1090-0>
- Turner, M., Beer, C., Santoro, M., Carvalhais, N., Wutzler, T., Schepaschenko, D., Shvidenko, A., Kompter, E., Ahrens, B., Levick, S. R., y Schimmler, C. (2014). Carbon stock and density of northern boreal and temperate forests. *Global Ecology and Biogeography*, 23(3), 297–310. <https://doi.org/10.1111/geb.12125>

- Tong, S., Bambrick, H., Beggs, P. J., Chen, L., Hu, Y., Ma, W., Steffen, W., y Tan, J. (2022). Current and future threats to human health in the Anthropocene. *Environment International*, 158, 106892. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106892>
- Tuckett, R. (2019). Greenhouse gases. In *Encyclopedia of Analytical Science* (3rd ed., pp. 362–372). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14031-4>
- UN Environment. (2019). *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. <https://doi.org/10.1017/9781108627146>
- Valdés-Velarde, E., Vázquez-Domínguez, L. P., Tinoco-Rueda, J. Á., Sánchez-Hernández, R., Salcedo-Pérez, E., y Lagunes-Fortiz, E. (2022). Servicio ecosistémico de carbono almacenado en cafetales bajo sombra en sistema agroforestal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(28), 287–297. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3283>
- Valdivieso, R., Somarriba, E., Galloway, G., Vázquez, W., y Kass, D. (1998). Crecimiento del laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. *Agroforestería En Las Américas*, 5(18–18), 54–58. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5985>
- Vallejos-Torres, G., Gaona-Jimenez, N., Pichis-García, R., Ordoñez, L., García-Gonzales, P., Quinteros, A., Lozano, A., Saavedra-Ramírez, J., Tuesta-hidalgo, J. C., Reategui, K., Macedo-Córdova, W., Baselly-Villanueva, J. R., y Marín, C. (2024). Carbon reserves in coffee agroforestry in the Peruvian Amazon. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1410418>
- Van der Sande, M. T., Gosling, W., Correa-Metrio, A., Prado-Junior, J., Poorter, L., Oliveira, R. S., Mazzei, L., y Bush, M. B. (2019). A 7000-year history of changing plant trait composition in an Amazonian landscape; the role of humans and climate. *Ecology Letters*, 22(6), 925–935. <https://doi.org/10.1111/ele.13251>

- Walde, P., Ollikainen, M., y Kahiluoto, H. (2020). Carbon revenue in the profitability of agroforestry relative to monocultures. *Agroforestry Systems*, 94, 15–28. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00355-x>
- Walker, A. P., De Kauwe, M. G., Bastos, A., Belmecheri, S., Georgiou, K., Keeling, R. F., McMahon, S. M., Medlyn, B. E., Moore, D. J. P., Norby, R. J., Zaehle, S., Anderson-Teixeira, K. J., Battipaglia, G., Brien, R. J. W., Cabugao, K. G., Cailleret, M., Campbell, E., Canadell, J. G., Ciais, P., ... Zuidema, P. A. (2021). Integrating the evidence for a terrestrial carbon sink caused by increasing atmospheric CO₂. *New Phytologist*, 229(5), 2413–2445. <https://doi.org/10.1111/nph.16866>
- Walsh, C., Hagggar, J., Cerretelli, S., Van Oijen, M., y Cerda B, R. H. (2025). Comparing carbon agronomic footprint and sequestration in Central American coffee agroforestry systems and assessing trade-offs with economic returns. *Science of The Total Environment*, 961, 178360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178360>
- Wang, J. A., Baccini, A., Farina, M., Randerson, J. T., y Friedl, M. A. (2021). Disturbance suppresses the aboveground carbon sink in North American boreal forests. *Nature Climate Change*, 11, 435–441. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01027-4>
- Wang, Y., Xie, Z., y Jia, B. (2016). Incorporation of a dynamic root distribution into CLM4.5: Evaluation of carbon and water fluxes over the Amazon. *Advances in Atmospheric Sciences*, 33, 1047–1060. <https://doi.org/10.1007/s00376-016-5226-8>
- Warren, J. M., Hanson, P. J., Iversen, C. M., Kumar, J., Walker, A. P., y Wullschlegel, S. D. (2015). Root structural and functional dynamics in terrestrial biosphere models – evaluation and recommendations. *New Phytologist*, 205(1), 59–78. <https://doi.org/10.1111/nph.13034>
- Westoby, M., y Wright, I. J. (2006). Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(5), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.004>

- Williams, R. G., Katavouta, A., y Goodwin, P. (2019). Carbon-cycle feedbacks operating in the climate system. *Current Climate Change Reports*, 5, 282–295. <https://doi.org/10.1007/s40641-019-00144-9>
- Yoro, K. O., y Daramola, M. O. (2020). CO₂ emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In M. R. Rahimpour, M. Farsi, y M. A. Makarem (Eds.), *Advances in Carbon Capture* (pp. 3–28). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>
- Zhang, H., Song, T., Wang, K., Wang, G., Liao, J., Xu, G., y Zeng, F. (2015). Biogeographical patterns of forest biomass allocation vary by climate, soil and forest characteristics in China. *Environmental Research Letters*, 10(4), 044014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/4/044014>
- Zhao, C., Yan, Y., Wang, C., Tang, M., Wu, G., Ding, D., y Song, Y. (2018). Adaptation and mitigation for combating climate change – from single to joint. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4(4), 85–94. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1466632>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo A: Cuadro de resultados del inventario y carbono

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
1	16.552	4	12	0.06	60.55	222.23
2	30.239	5	14	0.23	222.49	816.53
3	10.186	4	9	0.02	18.18	66.71
4	25.465	6	12	0.2	137.53	504.74
5	21.645	5	12	0.12	100.89	370.27
6	20.053	7	13	0.14	94.42	346.52
7	14.961	4	10	0.05	41.75	153.22
8	17.507	5	13	0.08	72.91	267.59
9	23.555	7	13	0.2	128.31	470.9
10	20.372	7	13	0.15	97.3	357.07
11	23.873	6	13	0.18	131.64	483.11
12	23.555	3	14	0.09	138.09	506.77
13	31.831	7	15	0.36	262.81	964.53
14	12.096	5	11	0.04	30.65	112.47
15	22.282	6	13	0.15	115.41	423.56
16	18.462	4	12	0.07	74.53	273.53
17	10.186	2	10	0.01	20.16	73.98
18	20.69	5	15	0.11	115.46	423.74
19	25.783	4	14	0.14	164.08	602.17
20	20.69	3	13	0.07	100.21	367.78
21	21.963	7	13	0.17	112.29	412.1
22	13.051	4	7	0.04	22.69	83.27
23	12.414	5	8	0.04	23.54	86.38
24	18.144	6	11	0.1	66.17	242.83
25	24.828	8	13	0.25	141.86	520.64
26	29.284	7	13	0.31	194.42	713.52
27	39.789	5	14	0.4	376.12	1380.35
28	36.924	8	15	0.56	349.13	1281.3
29	22.282	4	12	0.1	106.62	391.3
30	17.507	4	9	0.06	50.71	186.12
31	30.876	5	10	0.24	165.81	608.52
32	33.104	4	14	0.22	264.52	970.79
33	36.606	6	12	0.41	275.09	1009.56
34	27.056	7	13	0.26	167.15	613.44
35	29.284	5	11	0.22	164.73	604.57
36	10.504	4	6	0.02	12.94	47.51
37	10.823	4	8	0.02	18.16	66.64
38	11.141	4	7	0.03	16.82	61.75
39	11.459	4	8	0.03	20.23	74.24
40	10.823	4	8	0.02	18.16	66.64
41	12.414	5	9	0.04	26.43	96.98
42	12.414	5	9	0.04	26.43	96.98
43	11.777	6	8	0.04	21.31	78.19
44	19.099	5	9	0.09	59.83	219.58
45	12.414	4	6	0.03	17.74	65.12
46	19.417	5	9	0.1	61.74	226.59
47	24.191	2	8	0.06	83.5	306.43
48	14.006	3	5	0.03	18.63	68.39
49	16.234	4	6	0.05	29.47	108.17
50	10.186	3	5	0.02	10.22	37.5
51	22.282	6	11	0.15	97.82	359.01
52	15.279	3	7	0.04	30.58	112.23
53	23.555	4	9	0.11	89.17	327.24
54	24.828	7	13	0.22	141.86	520.64
55	13.369	3	6	0.03	20.41	74.91
56	36.606	5	13	0.34	297.86	1093.14
57	21.327	7	13	0.16	106.17	389.64

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
807	17.189	9	6	0.136	32.85	120.54
808	10.823	7	5	0.042	11.46	42.04
809	10.823	7	6	0.042	13.69	50.26
810	12.414	8	6	0.063	17.74	65.12
811	12.732	9	7	0.074	21.65	79.47
812	13.369	9	6	0.082	20.41	74.91
813	15.597	6	9	0.075	40.73	149.47
814	17.189	7	9	0.106	48.98	179.75
815	30.239	10	13	0.467	206.71	758.63
816	28.648	9	12	0.377	172.2	631.96
817	27.056	11	14	0.411	179.9	660.22
818	33.104	12	15	0.671	283.29	1039.67
819	27.693	12	16	0.47	214.71	788
820	13.687	6	8	0.057	28.31	103.91
821	17.189	4	7	0.06	38.23	140.31
822	11.459	4	7	0.027	17.74	65.12
823	17.825	7	9	0.114	52.48	192.6
824	10.823	4	7	0.024	15.93	58.46
825	13.687	7	9	0.067	31.79	116.68
826	32.945	6	11	0.332	206.29	757.07
827	11.141	3.5	5	0.022	12.1	44.4
828	16.234	4	7.5	0.054	36.72	134.74
829	10.504	2.3	3.5	0.013	7.64	28.04
830	10.663	4	6.5	0.023	14.4	52.86
831	31.672	5	10	0.256	174.06	638.82
832	30.717	6	12	0.289	196.73	721.99
833	50.293	8	13	1.033	547.34	2008.74
834	24.828	7	11	0.22	120.23	441.24
835	15.597	4.5	8	0.056	36.27	133.1
836	22.282	8	12	0.203	106.62	391.3
837	21.963	5	10	0.123	86.62	317.88
838	32.468	6	11	0.323	200.61	736.25
839	25.783	6	11	0.204	129.2	474.16
840	28.011	10	12	0.401	164.97	605.42
841	27.056	5	10	0.187	128.88	472.98
842	28.966	5	10	0.214	146.79	538.71
843	34.696	6	11	0.369	227.74	835.81
844	26.101	10	13	0.348	156.07	572.77
845	22.918	5.5	10	0.147	93.93	344.72
846	26.42	6	10	0.214	123.16	451.99
847	16.552	6	11	0.084	55.57	203.94
848	21.645	6	12	0.144	100.89	370.27
849	18.144	4	7.5	0.067	45.34	166.4
850	23.873	7	12	0.204	121.6	446.29
851	19.417	6	12	0.115	82.04	301.08
852	28.648	7	12	0.293	172.2	631.96
853	28.33	6	13	0.246	182.49	669.74
854	35.651	6	14	0.389	304.81	1118.65
855	23.555	7	11	0.198	108.75	399.11
856	23.873	8	12	0.233	116.59	427.87
857	29.921	8	12	0.366	187.11	686.68
858	21.008	2.3	10	0.052	79.59	292.09
859	32.468	9	12	0.484	218.71	802.65
860	28.011	6.5	10	0.26	137.69	505.33
861	32.149	8	13	0.422	232.38	852.82
862	15.12	6	10	0.07	42.6	156.33
863	14.961	6.5	9	0.074	37.63	138.11

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
1613	31.003	6.5	10	0.319	167.12	613.32
1614	28.075	7	11	0.282	151.99	557.8
1615	31.99	8	12	0.418	212.6	780.25
1616	26.42	6	10	0.214	123.16	451.99
1617	19.799	6	10	0.12	71.1	260.93
1618	31.704	5	10	0.257	174.4	640.04
1619	22.759	6	10	0.159	92.69	340.17
1620	13.815	4	6	0.039	21.72	79.7
1621	25.019	4	8	0.128	89.02	326.7
1622	24.924	6	10	0.19	110.2	404.45
1623	21.518	5	10	0.118	83.3	305.72
1624	21.231	6	9	0.138	73.17	268.54
1625	27.056	5	9	0.187	116.11	426.12
1626	22.409	6	10	0.154	89.99	330.28
1627	19.29	7	10	0.133	67.66	248.31
1628	11.364	6	8	0.04	19.91	73.08
1629	41.412	6	10	0.525	290.6	1066.48
1630	32.149	5	10	0.264	179.11	657.33
1631	32.404	4	8	0.214	145.74	534.86
1632	19.226	6	8	0.113	53.94	197.96
1633	13.846	5	7	0.049	25.38	93.14
1634	20.372	6	9	0.127	67.64	248.25
1635	33.995	6	10	0.354	199.27	731.31
1636	22.632	7	11	0.183	100.77	369.84
1637	15.629	4	8	0.05	36.41	133.61
1638	24.701	6	9	0.187	97.61	358.22
1639	18.526	7	9	0.123	56.47	207.23
1640	13.56	5	8	0.047	27.82	102.09
1641	11.268	4	7	0.026	17.19	63.09
1642	26.738	8	10	0.292	126	462.43
1643	55.386	5	11	0.783	557.61	2046.41
1644	12.414	4	8	0.031	23.54	86.38
1645	22.568	6	11	0.156	100.23	367.86
1646	11.841	4	7	0.029	18.88	69.28
1647	16.775	4	6	0.057	31.36	115.1
1648	11.268	5	7	0.032	17.19	63.09
1649	18.844	5	8	0.091	51.92	190.56
1650	21.772	2	5	0.048	42.97	157.71
1651	16.87	4	7	0.058	36.9	135.42
1652	21.39	7	10	0.164	82.37	302.28
1653	24.573	6	10	0.185	107.27	393.69
1654	24.223	5	8	0.15	83.71	307.2
1655	20.626	6	10	0.13	76.86	282.07
1656	25.146	6	10	0.194	112.09	411.37
1657	21.008	6	10	0.135	79.59	292.09
1658	17.412	6	10	0.093	55.69	204.38
1659	20.754	5.5	10	0.121	77.76	285.39
1660	22.791	5	10	0.133	92.94	341.08
1661	11.3	4	7	0.026	17.28	63.42
1662	21.136	5	8	0.114	64.58	237.01
1663	36.765	4	8	0.276	185.46	680.64
1664	24.605	6	9	0.185	96.89	355.59
1665	34.473	6	8	0.364	164.01	601.93
1666	32.69	6	9	0.327	166.56	611.29
1667	28.934	5	10	0.214	146.48	537.58
1668	35.778	6	10	0.392	219.71	806.33
1669	28.648	6	10	0.251	143.72	527.47

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
58	24.191	6	12	0.18	124.72	457.7
59	31.513	7	13	0.36	223.66	820.84
60	19.735	7	12	0.14	84.62	310.54
61	23.873	6	11	0.18	111.57	409.45
62	14.642	3	7	0.03	28.21	103.54
63	23.555	4	9	0.11	89.17	327.24
64	13.687	3	7	0.03	24.83	91.13
65	18.144	5	9	0.08	54.27	199.19
66	14.961	4	8	0.05	33.51	122.99
67	14.006	3	6	0.03	22.29	81.8
68	18.462	4	8	0.07	49.94	183.29
69	20.372	6	10	0.13	75.06	275.48
70	20.69	7	12	0.15	92.58	339.78
71	29.921	7	13	0.32	202.57	743.44
72	19.735	4	8	0.08	56.69	208.05
73	21.963	5	10	0.12	86.62	317.88
74	33.422	5	12	0.29	231.17	848.38
75	31.831	7	13	0.36	228	836.76
76	13.687	4	7	0.04	24.83	91.13
77	19.735	6	11	0.12	77.64	284.95
78	18.144	4	10	0.07	60.22	221.02
79	12.096	3	7	0.02	19.65	72.13
80	29.603	7	13	0.31	198.48	728.41
81	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
82	22.918	6	11	0.16	103.22	378.81
83	18.78	5	10	0.09	64.3	235.99
84	24.191	5	10	0.15	104.12	382.11
85	16.234	3	8	0.04	39.13	143.59
86	15.915	4	7	0.05	33.04	121.26
87	22.282	6	10	0.15	89.02	326.71
88	16.234	4	6	0.05	29.47	108.17
89	17.189	6	11	0.09	59.7	219.11
90	24.191	6	12	0.18	124.72	457.7
91	23.873	6	12	0.18	121.6	446.29
92	26.42	7	12	0.25	147.54	541.47
93	16.87	4	7	0.06	36.9	135.42
94	20.372	6	11	0.13	82.48	302.69
95	18.78	4	8	0.07	51.59	189.34
96	47.11	7	15	0.79	556.81	2043.49
97	25.465	6	12	0.2	137.53	504.74
98	33.741	7	15	0.41	293.8	1078.26
99	25.146	6	11	0.19	123.18	452.08
100	30.239	7	12	0.33	190.93	700.7
101	28.011	7	12	0.28	164.97	605.42
102	25.465	8	12	0.27	137.53	504.74
103	18.462	8	13	0.14	80.67	296.04
104	21.327	7	12	0.16	98.08	359.97
105	35.014	7	13	0.44	273.58	1004.02
106	28.648	6	12	0.25	172.2	631.96
107	25.465	6	12	0.2	137.53	504.74
108	24.191	6	12	0.18	124.72	457.7
109	24.51	5	11	0.15	117.31	430.51
110	26.42	5	10	0.18	123.16	451.99
111	38.834	6	13	0.46	333.52	1224.01
112	30.876	6	11	0.29	182.25	668.85
113	23.237	4	10	0.11	96.43	353.89
114	23.237	4	8	0.11	77.34	283.82
115	35.332	3	10	0.19	214.51	787.24
116	16.234	6	9	0.08	43.94	161.26
117	17.507	5	9	0.08	50.71	186.12
118	18.621	6	8	0.11	50.76	186.3
119	19.576	6	8	0.12	55.82	204.87
120	21.327	3	7	0.07	57.58	211.31
121	22.122	5	8	0.13	70.43	258.49
122	20.849	4	8	0.09	62.93	230.94
123	21.486	6	9	0.14	74.85	274.71

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
864	20.372	5	14	0.106	104.7	384.24
865	16.87	6	12	0.087	62.79	230.43
866	24.351	4	12	0.121	126.28	463.46
867	26.42	7	12	0.249	147.54	541.47
868	37.56	7	11	0.504	265.04	972.71
869	22.918	8	12	0.215	112.5	412.88
870	24.032	10	14	0.295	143.47	526.55
871	24.51	7	11	0.215	117.31	430.51
872	22.918	10	15	0.268	140.33	515
873	28.33	6	15	0.246	210.33	771.91
874	11.141	6	7	0.038	16.82	61.75
875	10.823	11	12	0.066	25.94	95.18
876	21.008	3	10	0.068	79.59	292.09
877	12.096	4	7	0.03	19.65	72.13
878	35.332	7	12	0.446	257.08	943.47
879	17.825	6	8	0.097	46.72	171.48
880	22.6	4	7	0.104	64.29	235.94
881	19.099	6	8	0.112	53.26	195.48
882	28.648	8	12	0.335	172.2	631.96
883	23.237	6.5	10	0.179	96.43	353.89
884	33.422	6	13	0.342	250.29	918.56
885	24.191	8	11	0.239	114.42	419.92
886	20.053	7	10	0.144	72.85	267.35
887	12.414	5	7	0.039	20.64	75.76
888	14.642	5	7	0.055	28.21	103.54
889	10.504	4	8	0.023	17.16	62.99
890	19.099	6	12	0.112	79.5	291.75
891	33.741	6	11	0.349	215.91	792.4
892	14.483	5	7	0.054	27.63	101.42
893	10.186	4	6	0.021	12.21	44.83
894	17.189	4	6	0.06	32.85	120.54
895	20.372	5	11	0.106	82.48	302.69
896	26.42	5	10	0.178	123.16	451.99
897	32.149	7	15	0.369	267.86	983.06
898	42.972	5	13	0.471	404.87	1485.89
899	29.921	9	15	0.411	233.49	856.91
900	30.558	8	15	0.381	243.08	892.1
901	28.011	8	12	0.32	164.97	605.42
902	19.417	9	15	0.173	102.3	375.43
903	24.828	10	16	0.315	174.29	639.64
904	16.234	7	9	0.094	43.94	161.26
905	23.237	8	13	0.221	125.02	458.84
906	25.783	6	11	0.204	129.2	474.16
907	11.777	4	7	0.028	18.69	68.58
908	14.642	2.5	5	0.027	20.27	74.38
909	33.422	7	12	0.399	231.17	848.38
910	21.645	9	13	0.215	109.21	400.8
911	31.513	7	12	0.355	206.58	758.15
912	39.152	4	13	0.313	338.77	1243.29
913	35.651	6	12	0.389	261.52	959.79
914	22.918	8	13	0.215	121.78	446.93
915	27.375	8	14	0.306	183.96	675.13
916	31.513	7	13	0.355	223.66	820.84
917	28.011	6	7	0.24	96.73	354.99
918	35.332	7	7	0.446	150.59	552.67
919	26.42	9	13	0.321	159.72	586.18
920	19.417	9	13	0.173	88.79	325.87
921	25.146	6	13	0.194	145.35	533.45
922	25.465	6	12	0.199	137.53	504.74
923	23.555	8	12	0.227	118.53	435.01
924	26.738	9	13	0.328	163.42	599.74
925	24.51	7	13	0.215	138.41	507.98
926	23.873	8	13	0.233	131.64	483.11
927	18.462	9	14	0.157	86.8	318.55
928	20.69	5	8	0.109	62.02	227.6
929	22.918	8	13	0.215	121.78	446.93

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO₂ (Kg/ár)
1670	38.993	8	12	0.621	310.43	1139.28
1671	39.47	7	11	0.557	291.42	1069.51
1672	19.831	4	8	0.08	57.21	209.96
1673	18.462	5	8	0.087	49.94	183.29
1674	12.605	5	8	0.041	24.23	88.91
1675	15.47	4	7	0.049	31.31	114.9
1676	10.568	4	6	0.023	13.09	48.05
1677	21.486	5	8	0.118	66.63	244.53
1678	16.902	6	8	0.088	42.24	155.01
1679	37.179	7	11	0.494	259.91	953.88
1680	24.733	6	9	0.187	97.85	359.1
1681	26.674	6	10	0.218	125.43	460.33
1682	29.062	6	10	0.259	147.71	542.1
1683	29.348	7	11	0.308	165.42	607.08
1684	19.321	5	7	0.095	47.73	175.17
1685	29.284	6	10	0.263	149.88	550.06
1686	23.714	6	11	0.172	110.15	404.26
1687	25.879	7	11	0.239	130.11	477.51
1688	26.802	6	10	0.22	126.57	464.53
1689	24.51	6	9	0.184	96.18	352.97
1690	39.152	6	12	0.47	312.86	1148.19
1691	23.746	6	11	0.173	110.44	405.3
1692	10.409	4	8	0.022	16.87	61.91
1693	23.077	6	10	0.163	95.17	349.29
1694	10.281	4	7	0.022	14.46	53.06
1695	18.876	4	7	0.073	45.66	167.58
1696	14.388	4	7	0.042	27.29	100.15
1697	45.582	6	10	0.636	349.16	1281.43
1698	41.444	6	10	0.526	291.02	1068.05
1699	13.401	3	5	0.028	17.14	62.92
1700	22.473	7	11	0.18	99.43	364.9
1701	14.833	6	8	0.067	32.97	121.01
1702	33.2	4	8	0.225	152.65	560.21
1703	20.372	5	8	0.106	60.21	220.99
1704	14.961	3.5	6	0.04	25.25	92.67
1705	22.791	6	9	0.159	83.74	307.33
1706	10.25	3.5	5	0.019	10.34	37.94
1707	12.796	4	6	0.033	18.79	68.96
1708	31.417	8	12	0.403	205.38	753.76
1709	32.659	8.5	12	0.463	221.17	811.7
1710	31.194	6	10	0.298	169.09	620.56
1711	14.419	4	8	0.042	31.25	114.69
1712	24.637	6	9	0.186	97.13	356.47
1713	13.783	4	7	0.039	25.16	92.33
1714	12.51	4	6	0.032	18	66.07
1715	28.266	6	9	0.245	126.21	463.17
1716	21.963	6	8	0.148	69.47	254.97
1717	31.194	7	9	0.348	152.32	559
1718	24.987	6	9	0.191	99.78	366.18
1719	28.584	6	10	0.25	143.12	525.23
1720	20.149	6	8	0.124	58.97	216.42
1721	28.33	8	12	0.328	168.56	618.63
1722	10.918	4	7	0.024	16.2	59.44
1723	20.276	6	9	0.126	67.04	246.04
1724	27.916	6	10	0.239	136.8	502.05
1725	23.046	6	9	0.163	85.53	313.9
1726	17.698	6	8	0.096	46.09	169.16
1727	34.441	8	12	0.484	244.82	898.49
1728	21.645	6	11	0.144	92.57	339.73
1729	22.918	7	11	0.188	103.22	378.81
1730	23.714	7	11	0.201	110.15	404.26
1731	30.59	6	11	0.287	179.03	657.05
1732	26.038	5	9	0.173	107.92	396.07
1733	31.513	8	12	0.406	206.58	758.15
1734	31.035	8	12	0.393	200.64	736.35
1735	21.518	7	12	0.165	99.76	366.13

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
124	26.42	7	11	0.25	135.35	496.74
125	23.555	5	7	0.14	69.55	255.26
126	24.51	5	7	0.15	75.01	275.3
127	15.915	6	8	0.08	37.68	138.3
128	18.462	6	9	0.1	56.1	205.88
129	21.008	7	9	0.16	71.72	263.21
130	16.234	5	10	0.07	48.75	178.92
131	17.189	4	7	0.06	38.23	140.31
132	27.693	3	10	0.12	134.72	494.43
133	23.873	5	11	0.15	111.57	409.45
134	26.42	5	11	0.18	135.35	496.74
135	30.558	6	12	0.29	194.78	714.86
136	22.282	6	10	0.15	89.02	326.71
137	24.51	5	9	0.15	96.18	352.97
138	21.008	4	10	0.09	79.59	292.09
139	24.828	5	7	0.16	76.88	282.15
140	21.327	3	7	0.07	57.58	211.31
141	15.597	3	6	0.04	27.32	100.28
142	19.417	5	7	0.1	48.18	176.82
143	18.78	6	8	0.11	51.59	189.34
144	16.234	5	7	0.07	34.3	125.89
145	18.462	4	8	0.07	49.94	183.29
146	24.191	6	10	0.18	104.12	382.11
147	18.78	4	7	0.07	45.23	165.98
148	22.282	5	9	0.13	80.22	294.39
149	16.87	3	6	0.04	31.7	116.35
150	23.237	4	8	0.11	77.34	283.82
151	18.78	4	7	0.07	45.23	165.98
152	22.282	5	8	0.13	71.4	262.04
153	19.735	4	9	0.08	63.68	233.7
154	20.372	6	10	0.13	75.06	275.48
155	19.735	7	10	0.14	70.66	259.33
156	20.69	6	11	0.13	84.95	311.76
157	17.507	5	7	0.08	39.58	145.27
158	10.823	4	6	0.02	13.69	50.26
159	18.78	5	9	0.09	57.95	212.68
160	20.053	4	7	0.08	51.22	187.99
161	15.915	4	8	0.05	37.68	138.3
162	23.555	5	6	0.14	59.73	219.21
163	19.099	3	6	0.06	40.11	147.2
164	17.825	5	8	0.08	46.72	171.48
165	22.918	4	7	0.11	66.02	242.3
166	13.369	5	7	0.05	23.75	87.16
167	18.462	5	8	0.09	49.94	183.29
168	18.144	4	10	0.07	60.22	221.02
169	10.186	6	10	0.03	20.16	73.98
170	13.369	5	10	0.05	33.73	123.79
171	22.6	5	11	0.13	100.5	368.85
172	17.825	2	11	0.03	63.98	234.79
173	10.823	3	8	0.02	18.16	66.64
174	23.237	4	11	0.11	105.97	388.89
175	10.186	4	7	0.02	14.21	52.14
176	15.597	7	9	0.09	40.73	149.47
177	14.961	3	10	0.03	41.75	153.22
178	17.507	3	11	0.05	61.82	226.89
179	21.963	7	11	0.17	95.18	349.31
180	29.284	9	13	0.39	194.42	713.52
181	27.056	7	12	0.26	154.4	566.64
182	21.327	8	11	0.19	89.99	330.28
183	13.051	5	10	0.04	32.22	118.26
184	11.459	6	10	0.04	25.19	92.44
185	20.053	6	11	0.12	80.04	293.76
186	16.87	7	9	0.1	47.27	173.48
187	18.78	7	11	0.13	70.65	259.29
188	25.465	8	11	0.27	126.17	463.06
189	29.921	8	11	0.37	171.64	629.91

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
930	20.372	7	12	0.148	89.89	329.89
931	26.101	7	13	0.243	156.07	572.77
932	23.555	7	12	0.198	118.53	435.01
933	27.693	6	13	0.235	174.74	641.29
934	24.51	7	13	0.215	138.41	507.98
935	19.417	8	13	0.154	88.79	325.87
936	25.465	9	14	0.298	160.23	588.06
937	34.696	7	13	0.43	268.84	986.64
938	18.462	6	10	0.104	62.25	228.45
939	14.324	6	10	0.063	38.44	141.09
940	34.377	7	12	0.422	243.96	895.32
941	27.056	5	11	0.187	141.64	519.82
942	20.372	6	11	0.127	82.48	302.69
943	38.834	8	13	0.616	333.52	1224.01
944	16.234	3	7	0.04	34.3	125.89
945	24.51	8	13	0.245	138.41	507.98
946	28.011	8	13	0.32	178.59	655.44
947	19.417	3.5	8	0.067	54.96	201.72
948	22.918	6	11	0.161	103.22	378.81
949	16.234	3	7	0.04	34.3	125.89
950	17.189	2	7	0.03	38.23	140.31
951	22.282	3	7	0.076	62.58	229.66
952	29.921	6	9	0.274	140.68	516.28
953	37.242	6	11	0.425	260.77	957.01
954	24.191	5	11	0.149	114.42	419.92
955	42.335	9	13	0.823	393.46	1444.01
956	13.369	8	11	0.073	37.05	135.97
957	42.972	6	12	0.566	373.89	1372.16
958	37.242	2	10	0.142	237.21	870.58
959	31.513	5	12	0.253	206.58	758.15
960	19.099	6	9	0.112	59.83	219.58
961	15.915	6	9	0.078	42.32	155.32
962	17.189	8	11	0.121	59.7	219.11
963	11.777	6	9	0.042	23.92	87.78
964	24.51	5	9	0.153	96.18	352.97
965	17.189	5	9	0.075	48.98	179.75
966	20.053	3	5	0.062	36.76	134.93
967	27.375	5	11	0.191	144.84	531.55
968	25.465	8	11	0.265	126.17	463.06
969	19.099	5	11	0.093	72.95	267.71
970	17.189	6	9	0.09	48.98	179.75
971	21.963	6	13	0.148	112.29	412.1
972	35.969	10	15	0.66	332.05	1218.62
973	22.282	7	13	0.177	115.41	423.56
974	26.42	7	14	0.249	171.9	630.88
975	28.966	5	12	0.214	175.87	645.44
976	11.141	7	9	0.044	21.53	79.02
977	15.915	8	11	0.103	51.58	189.3
978	14.642	9	11	0.099	44.03	161.58
979	11.141	5	9	0.032	21.53	79.02
980	14.006	6	9	0.06	33.21	121.88
981	27.375	5	12	0.191	157.88	579.43
982	35.651	11	14	0.714	304.81	1118.65
983	12.096	4	7	0.03	19.65	72.13
984	13.051	4	9	0.035	29.05	106.61
985	11.777	5	7	0.035	18.69	68.58
986	16.87	7	10	0.102	52.45	192.48
987	22.918	12	16	0.322	149.59	549.01
988	23.327	8	12	0.221	115.5	423.88
989	35.969	13	19	0.859	420.06	1541.62
990	24.828	8	15	0.252	163.48	599.99
991	29.603	8	16	0.358	243.91	895.13
992	30.876	9	17	0.438	280.77	1030.42
993	38.834	9	16	0.693	410.02	1504.78
994	18.144	4	7	0.067	42.36	155.46
995	10.823	3	5	0.018	11.46	42.04

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1736	40.107	6.5	12	0.534	327.62	1202.38
1737	34.95	7	12	0.437	251.79	924.07
1738	25.306	3	6	0.098	68.45	251.22
1739	54.431	7	12	1.059	588.14	2158.49
1740	26.261	5	8	0.176	97.62	358.26
1741	21.422	7	12	0.164	98.92	363.04
1742	25.465	7	11	0.232	126.17	463.06
1743	27.757	7	12	0.275	162.11	594.96
1744	28.743	8	12	0.337	173.29	635.99
1745	32.468	8	11	0.431	200.61	736.25
1746	13.273	6	8	0.054	26.72	98.05
1747	18.335	5	8	0.086	49.29	180.9
1748	34.855	6	12	0.372	250.48	919.24
1749	38.897	9	12	0.695	308.98	1133.94
1750	25.083	7	10	0.225	111.55	409.39
1751	29.03	2	6	0.086	88.89	326.24
1752	12.096	4	7	0.03	19.65	72.13
1753	10.313	3	6	0.016	12.5	45.89
1754	11.045	4	6	0.025	14.23	52.23
1755	13.178	4	8	0.035	26.35	96.71
1756	21.963	7	11	0.172	95.18	349.31
1757	12.223	3	6	0.023	17.23	63.24
1758	42.972	8	11	0.754	342.89	1258.42
1759	16.234	5	7	0.067	34.3	125.89
1760	22.664	6	8	0.157	73.75	270.65
1761	34.186	7	10	0.418	201.41	739.18
1762	28.966	7	10	0.3	146.79	538.71
1763	40.966	8	11	0.685	312.92	1148.42
1764	29.38	6	9	0.264	135.86	498.61
1765	18.016	5	7	0.083	41.8	153.4
1766	30.239	7	10	0.327	159.35	584.8
1767	29.284	8	12	0.35	179.58	659.05
1768	27.948	7	10	0.279	137.1	503.14
1769	17.284	7	9	0.107	49.5	181.65
1770	11.555	4	6	0.027	15.5	56.87
1771	18.653	6	9	0.107	57.21	209.94
1772	11.459	4	6	0.027	15.25	55.98
1773	10.6	5	7	0.029	15.32	56.21
1774	15.024	4	7	0.046	29.62	108.71
1775	34.473	7	12	0.425	245.25	900.08
1776	29.507	6	11	0.267	167.13	613.38
1777	30.335	6	10	0.282	160.31	588.33
1778	12.732	6	9	0.05	27.72	101.74
1779	35.014	8	12	0.501	252.67	927.29
1780	28.871	6	10	0.255	145.86	535.32
1781	36.701	8	12	0.55	276.46	1014.61
1782	21.741	6	10	0.145	84.95	311.77
1783	21.645	7	9	0.167	75.91	278.59
1784	48.701	6	11	0.727	435.77	1599.29
1785	35.651	7	10	0.454	218.22	800.85
1786	42.017	7	10	0.631	298.77	1096.48
1787	19.099	3.5	5	0.065	33.52	123
1788	34.377	6	10	0.362	203.57	747.09
1789	22.918	2	4	0.054	38.01	139.51
1790	16.711	1.9	5	0.027	26.03	95.51
1791	40.425	7	11	0.584	305.06	1119.57
1792	21.008	1.8	5	0.041	40.16	147.37
1793	46.791	8	11	0.894	403.63	1481.31
1794	25.783	2	8	0.068	94.27	345.95
1795	12.096	3	5	0.022	14.13	51.85
1796	18.462	5	9	0.087	56.1	205.88
1797	18.462	4	7	0.07	43.78	160.68
1798	19.735	4	6	0.08	42.68	156.65
1799	43.29	7	12	0.67	379.21	1391.69
1800	24.51	1.9	6	0.058	64.42	236.41
1801	32.786	7	11	0.384	204.39	750.1

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
190	24.828	4	9	0.13	98.57	361.75
191	11.141	3	7	0.02	16.82	61.75
192	25.465	4	10	0.13	114.81	421.35
193	19.735	7	10	0.14	70.66	259.33
194	15.915	6	10	0.08	46.95	172.32
195	19.735	6	11	0.12	77.64	284.95
196	12.096	2	8	0.02	22.41	82.24
197	30.239	7	12	0.33	190.93	700.7
198	12.414	4	8	0.03	23.54	86.38
199	33.422	10	13	0.57	250.29	918.56
200	28.33	9	12	0.37	168.56	618.63
201	12.732	4	6	0.03	18.61	68.31
202	20.053	5	7	0.1	51.22	187.99
203	21.963	4	8	0.1	69.47	254.97
204	18.462	6	8	0.1	49.94	183.29
205	23.237	5	7	0.14	67.78	248.74
206	16.87	4	7	0.06	36.9	135.42
207	13.687	5	7	0.05	24.83	91.13
208	19.417	6	9	0.12	61.74	226.59
209	17.825	4	7	0.07	40.96	150.33
210	16.234	5	7	0.07	34.3	125.89
211	18.144	8	10	0.13	60.22	221.02
212	12.732	5	8	0.04	24.69	90.62
213	16.234	3	6	0.04	29.47	108.17
214	17.189	4	8	0.06	43.61	160.04
215	30.876	7	9	0.34	149.37	548.17
216	31.513	13	15	0.66	257.81	946.17
217	12.732	4	7	0.03	21.65	79.47
218	29.603	8	10	0.36	153	561.53
219	24.51	9	14	0.28	148.96	546.69
220	36.287	13	15	0.87	337.7	1239.35
221	25.146	6	10	0.19	112.09	411.37
222	24.828	4	10	0.13	109.4	401.5
223	29.921	6	10	0.27	156.16	573.1
224	28.011	9	13	0.36	178.59	655.44
225	19.099	8	12	0.15	79.5	291.75
226	30.239	6	13	0.28	206.71	758.63
227	18.144	3	8	0.05	48.32	177.34
228	14.642	3	9	0.03	36.13	132.59
229	19.099	6	11	0.11	72.95	267.71
230	12.414	5	10	0.04	29.31	107.57
231	23.555	8	12	0.23	118.53	435.01
232	18.462	8	11	0.14	68.39	250.99
233	17.189	6	12	0.09	65.06	238.77
234	25.783	8	13	0.27	152.46	559.52
235	22.918	2	10	0.05	93.93	344.72
236	22.6	5	8	0.13	73.35	269.21
237	19.099	4	8	0.07	53.26	195.48
238	16.552	6	10	0.08	50.58	185.64
239	24.828	7	13	0.22	141.86	520.64
240	21.008	4	13	0.09	103.17	378.63
241	23.873	4	10	0.12	101.52	372.59
242	16.87	7	11	0.1	57.62	211.46
243	15.597	8	11	0.1	49.64	182.18
244	26.101	7	11	0.24	132.26	485.39
245	33.422	7	17	0.4	326.74	1199.15
246	15.597	5	9	0.06	40.73	149.47
247	14.642	4	7	0.04	28.21	103.54
248	23.555	2	11	0.06	108.75	399.11
249	10.504	5	9	0.03	19.27	70.7
250	14.642	6	8	0.07	32.17	118.08
251	14.006	7	10	0.07	36.84	135.2
252	11.459	4	8	0.03	20.23	74.24
253	13.687	4	8	0.04	28.31	103.91
254	10.504	2	7	0.01	15.06	55.25
255	13.687	2	7	0.02	24.83	91.13

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
996	40.744	3	12	0.254	337.65	1239.18
997	46.473	4	13	0.441	470.43	1726.49
998	18.462	8	9	0.139	56.1	205.88
999	26.42	4	10	0.143	123.16	451.99
1000	36.287	3	12	0.202	270.53	992.84
1001	22.6	6	9	0.156	82.41	302.45
1002	23.555	6	10	0.17	98.96	363.18
1003	36.606	9	15	0.616	343.39	1260.24
1004	26.42	8	11	0.285	135.35	496.74
1005	21.327	7	9	0.163	73.8	270.85
1006	36.924	6	13	0.418	302.83	1111.4
1007	13.369	4	6	0.036	20.41	74.91
1008	17.189	3	9	0.045	48.98	179.75
1009	23.237	9	12	0.248	115.5	423.88
1010	27.056	9	11	0.336	141.64	519.82
1011	28.011	10	14	0.401	192.22	705.44
1012	21.327	4	10	0.093	81.9	300.57
1013	33.741	9	13	0.523	254.87	935.36
1014	27.693	8	13	0.313	174.74	641.29
1015	22.918	5	7	0.134	66.02	242.3
1016	21.327	4	8	0.093	65.69	241.1
1017	26.101	5	10	0.174	120.34	441.66
1018	28.966	9	21	0.386	306.54	1125.01
1019	15.597	5	6	0.062	27.32	100.28
1020	22.282	3	6	0.076	53.75	197.24
1021	21.645	3.5	7	0.084	59.22	217.35
1022	32.149	7	13	0.369	232.38	852.82
1023	15.279	6	10	0.072	43.45	159.47
1024	23.873	6	11	0.175	111.57	409.45
1025	28.966	5	10	0.214	146.79	538.71
1026	42.017	6	12	0.541	358.14	1314.37
1027	29.921	6	13	0.274	202.57	743.44
1028	14.324	4.5	8	0.047	30.86	113.26
1029	26.42	6	12	0.214	147.54	541.47
1030	22.6	4	12	0.104	109.54	402.02
1031	27.056	7	14	0.262	179.9	660.22
1032	10.823	5	6	0.03	13.69	50.26
1033	29.284	6	14	0.263	209.25	767.97
1034	26.101	8	13	0.278	156.07	572.77
1035	23.873	7	14	0.204	141.67	519.92
1036	26.42	10	13	0.356	159.72	586.18
1037	22.918	4	9	0.107	84.63	310.61
1038	27.056	5	10	0.187	128.88	472.98
1039	36.606	10	13	0.684	297.86	1093.14
1040	25.465	11	13	0.364	148.89	546.41
1041	21.963	6	9	0.148	78.05	286.44
1042	20.69	3	7	0.066	54.36	199.49
1043	18.462	3	7	0.052	43.78	160.68
1044	15.597	4	7	0.05	31.8	116.7
1045	17.507	6	7	0.094	39.58	145.27
1046	17.507	7	9	0.11	50.71	186.12
1047	17.507	3.5	8	0.055	45.15	165.71
1048	22.6	3	8	0.078	73.35	269.21
1049	24.828	2.5	9	0.079	98.57	361.75
1050	18.78	3	12	0.054	76.99	282.57
1051	19.735	7	12	0.139	84.62	310.54
1052	19.735	6	14	0.119	98.55	361.69
1053	19.099	4	8	0.074	53.26	195.48
1054	23.873	4	7	0.116	71.35	261.86
1055	19.099	3	7	0.056	46.69	171.36
1056	18.462	4	8	0.07	49.94	183.29
1057	25.146	4	9	0.129	100.99	370.63
1058	16.234	3	6	0.04	29.47	108.17
1059	28.966	5	9	0.214	132.24	485.3
1060	15.279	3	6	0.036	26.28	96.44
1061	39.152	7	10	0.548	261.02	957.94

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1802	31.513	8	12	0.406	206.58	758.15
1803	21.963	1.7	5	0.042	43.69	160.34
1804	29.603	8	11	0.358	168.17	617.17
1805	27.693	4	7	0.157	94.64	347.34
1806	52.203	2	10	0.278	452.73	1661.53
1807	35.332	2	11	0.127	235.8	865.37
1808	22.6	3	6	0.078	55.21	202.63
1809	28.648	2	6	0.084	86.68	318.11
1810	37.56	3	7	0.216	169.24	621.1
1811	35.014	1.9	6	0.119	127.05	466.27
1812	24.828	3	6	0.094	66.02	242.29
1813	24.987	4.5	9	0.143	99.78	366.18
1814	11.141	2.5	3	0.016	7.34	26.94
1815	18.78	4	6	0.072	38.85	142.58
1816	12.732	4	6	0.033	18.61	68.31
1817	24.191	5	8	0.149	83.5	306.43
1818	16.552	4	7	0.056	35.59	130.61
1819	18.144	6	9	0.101	54.27	199.19
1820	25.146	3.5	6	0.113	67.64	248.23
1821	12.732	3	6	0.025	18.61	68.31
1822	38.197	9	12	0.67	298.42	1095.2
1823	32.149	9	12	0.475	214.63	787.68
1824	41.698	9	13	0.799	382.21	1402.71
1825	12.096	7	12	0.052	33.39	122.53
1826	35.969	9	12	0.594	266.01	976.25
1827	21.327	8	12	0.186	98.08	359.97
1828	17.189	7	9	0.106	48.98	179.75
1829	16.87	6.5	8.5	0.094	44.68	163.97
1830	27.375	9	11	0.344	144.84	531.55
1831	57.296	10	14	1.676	756.73	2777.21
1832	29.921	4	10	0.183	156.16	573.1
1833	35.332	7	12	0.446	257.08	943.47
1834	30.876	5	8	0.243	132.91	487.78
1835	36.606	4	10	0.274	229.52	842.35
1836	25.146	2	6	0.065	67.64	248.23
1837	35.332	6	10	0.382	214.51	787.24
1838	17.189	4	6	0.06	32.85	120.54
1839	24.51	7	10	0.215	106.74	391.75
1840	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
1841	16.552	10	13	0.14	65.53	240.51
1842	21.645	6	10	0.144	84.24	309.17
1843	17.507	4	6	0.063	34.01	124.81
1844	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
1845	14.642	1	5	0.011	20.27	74.38
1846	20.372	5	8	0.106	60.21	220.99
1847	23.873	5	9	0.145	91.47	335.71
1848	19.417	4	5	0.077	34.58	126.92
1849	21.963	8	12	0.197	103.74	380.71
1850	21.645	8	13	0.191	109.21	400.8
1851	17.825	9	13	0.146	75.46	276.92
1852	17.507	6	10	0.094	56.27	206.51
1853	24.191	10	13	0.299	135.01	495.47
1854	16.234	4	7	0.054	34.3	125.89
1855	12.096	3	5	0.022	14.13	51.85
1856	12.732	4	7	0.033	21.65	79.47
1857	30.239	5	8	0.233	127.73	468.78
1858	25.146	6	9	0.194	100.99	370.63
1859	33.422	6	9	0.342	173.76	637.69
1860	35.014	3	9	0.188	189.9	696.94
1861	31.831	2	8	0.103	140.86	516.97
1862	25.465	2	8	0.066	92.06	337.87
1863	23.873	2	10	0.058	101.52	372.59
1864	28.648	3	11	0.126	157.96	579.73
1865	26.42	5	8	0.178	98.75	362.41
1866	24.191	6	9	0.179	93.81	344.29
1867	19.099	2	5	0.037	33.52	123

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
256	14.006	5	8	0.05	29.57	108.54
257	13.051	2	7	0.02	22.69	83.27
258	31.831	9	11	0.47	193.16	708.91
259	25.783	8	11	0.27	129.2	474.16
260	29.921	9	12	0.41	187.11	686.68
261	20.69	7	9	0.15	69.67	255.67
262	16.234	3	7	0.04	34.3	125.89
263	16.552	3	7	0.04	35.59	130.61
264	10.823	2	5	0.01	11.46	42.04
265	16.87	4	8	0.06	42.09	154.46
266	18.78	5	9	0.09	57.95	212.68
267	11.777	2	4	0.01	10.8	39.63
268	12.096	2	5	0.02	14.13	51.85
269	21.645	6	10	0.14	84.24	309.17
270	10.186	4	7	0.02	14.21	52.14
271	11.777	5	7	0.04	18.69	68.58
272	13.369	6	8	0.06	27.08	99.38
273	17.189	7	9	0.11	48.98	179.75
274	15.597	5	8	0.06	36.27	133.1
275	17.189	7	9	0.11	48.98	179.75
276	12.096	5	7	0.04	19.65	72.13
277	16.552	4	7	0.06	35.59	130.61
278	10.823	4	7	0.02	15.93	58.46
279	17.507	5	8	0.08	45.15	165.71
280	10.186	4	7	0.02	14.21	52.14
281	22.282	7	10	0.18	89.02	326.71
282	14.961	6	8	0.07	33.51	122.99
283	17.507	7	10	0.11	56.27	206.51
284	15.597	5	8	0.06	36.27	133.1
285	15.279	5	8	0.06	34.88	128
286	11.777	4	7	0.03	18.69	68.58
287	15.597	4	6	0.05	27.32	100.28
288	10.504	4	6	0.02	12.94	47.51
289	15.597	4.5	7	0.06	31.8	116.7
290	10.186	3.5	6	0.02	12.21	44.83
291	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
292	14.642	5	7	0.06	28.21	103.54
293	14.006	6	8	0.06	29.57	108.54
294	10.504	4	7	0.02	15.06	55.25
295	36.287	9	15	0.61	337.7	1239.35
296	37.56	4	12	0.29	288.98	1060.54
297	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
298	30.558	9	13	0.43	210.89	773.96
299	32.149	11	14	0.58	250.12	917.95
300	12.414	4	7	0.03	20.64	75.76
301	10.186	2	6	0.01	12.21	44.83
302	14.961	5	11	0.06	45.86	168.32
303	10.823	2	7	0.01	15.93	58.46
304	19.099	5	8	0.09	53.26	195.48
305	14.961	9	13	0.1	54.08	198.47
306	24.51	9	12	0.28	127.86	469.26
307	16.552	7	10	0.1	50.58	185.64
308	14.961	8	12	0.09	49.97	183.4
309	14.961	8	10	0.09	41.75	153.22
310	15.597	9	12	0.11	54.09	198.5
311	20.053	8	13	0.16	94.42	346.52
312	18.78	11	15	0.2	96	352.33
313	17.507	8	14	0.13	78.45	287.92
314	20.372	9	15	0.19	112.1	411.4
315	25.465	8	12	0.27	137.53	504.74
316	18.144	9	12	0.15	72.1	264.62
317	15.279	8	12	0.1	52.01	190.88
318	25.146	12	16	0.39	178.58	655.39
319	23.555	14	17	0.4	167.39	614.32
320	25.465	14	18	0.46	205.6	754.54
321	12.732	6	14	0.05	42.83	157.2

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1062	15.915	2	6	0.026	28.39	104.19
1063	31.513	6	9	0.304	155.3	569.94
1064	13.369	3	6	0.027	20.41	74.91
1065	29.603	11	9	0.492	137.83	505.85
1066	20.372	4	6	0.085	45.34	166.38
1067	12.732	4	6	0.033	18.61	68.31
1068	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
1069	17.507	4	6	0.063	34.01	124.81
1070	21.008	2	6	0.045	48.06	176.39
1071	30.239	4	7	0.187	111.91	410.72
1072	37.242	7	11	0.496	260.77	957.01
1073	21.963	4	8	0.099	69.47	254.97
1074	35.014	8	13	0.501	273.58	1004.02
1075	32.468	8	12	0.431	218.71	802.65
1076	28.966	6	10	0.257	146.79	538.71
1077	23.555	3	5	0.085	49.9	183.12
1078	28.648	6	8	0.251	115.22	422.87
1079	28.648	6	10	0.251	143.72	527.47
1080	30.876	8	12	0.389	198.68	729.15
1081	16.552	3	5	0.042	25.56	93.8
1082	34.696	4	8	0.246	166.04	609.38
1083	30.239	5	9	0.233	143.54	526.81
1084	17.189	4	8	0.06	43.61	160.04
1085	21.008	4	7	0.09	55.96	205.36
1086	20.69	6	10	0.131	77.31	283.73
1087	27.693	6	9	0.235	121.37	445.44
1088	22.6	4	7	0.104	64.29	235.94
1089	24.828	6	9	0.189	98.57	361.75
1090	29.284	6	10	0.263	149.88	550.06
1091	26.101	7	10	0.243	120.34	441.66
1092	29.921	6	9	0.274	140.68	516.28
1093	16.552	4	6	0.056	30.58	112.22
1094	18.462	1	6	0.017	37.61	138.03
1095	17.507	4	7	0.063	39.58	145.27
1096	19.417	4	7	0.077	48.18	176.82
1097	19.099	4	7	0.074	46.69	171.36
1098	44.563	9	13	0.912	434.09	1593.1
1099	18.144	4	6	0.067	36.39	133.55
1100	13.051	3	6	0.026	19.5	71.57
1101	21.645	3	6	0.072	50.87	186.68
1102	15.597	2.5	6	0.031	27.32	100.28
1103	16.87	3	5	0.044	26.5	97.24
1104	13.369	3	6	0.027	20.41	74.91
1105	22.282	4	6	0.101	53.75	197.24
1106	23.555	5	7	0.142	69.55	255.26
1107	17.189	2	5	0.03	27.45	100.75
1108	14.006	2	6	0.02	22.29	81.8
1109	12.732	2	5	0.017	15.56	57.12
1110	14.324	4	6	0.042	23.26	85.35
1111	27.375	6	10	0.23	131.79	483.65
1112	35.651	4	8	0.26	174.88	641.8
1113	34.059	3	9	0.178	180.13	661.09
1114	34.059	7	11	0.415	219.82	806.74
1115	20.053	6	9	0.123	65.65	240.92
1116	42.653	9	13	0.836	399.15	1464.88
1117	25.783	6	9	0.204	105.92	388.72
1118	18.144	3	6	0.05	36.39	133.55
1119	29.921	6	10	0.274	156.16	573.1
1120	26.738	6	10	0.219	126	462.43
1121	23.555	6	9	0.17	89.17	327.24
1122	18.144	4	7	0.067	42.36	155.46
1123	18.462	5	7	0.087	43.78	160.68
1124	27.375	3	6	0.115	79.49	291.74
1125	18.462	4	6	0.07	37.61	138.03
1126	28.011	5	7	0.2	96.73	354.99
1127	21.645	6	8	0.144	67.57	247.98

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1868	17.189	5	8	0.075	43.61	160.04
1869	14.006	2	7	0.02	25.93	95.18
1870	20.69	2	7	0.044	54.36	199.49
1871	11.777	5	7	0.035	18.69	68.58
1872	23.237	5	7	0.138	67.78	248.74
1873	11.777	3	5	0.021	13.44	49.31
1874	15.915	4	7	0.052	33.04	121.26
1875	16.552	5	8	0.07	40.59	148.98
1876	13.369	5	7	0.046	23.75	87.16
1877	21.327	6	10	0.139	81.9	300.57
1878	20.372	4	9	0.085	67.64	248.25
1879	23.237	7	9	0.193	86.89	318.87
1880	22.6	5	8	0.13	73.35	269.21
1881	23.237	6	9	0.165	86.89	318.87
1882	23.873	2	8	0.058	81.42	298.8
1883	12.732	4	8	0.033	24.69	90.62
1884	24.828	6	12	0.189	131.05	480.95
1885	14.006	3	5	0.03	18.63	68.39
1886	25.146	5	12	0.161	134.27	492.78
1887	21.963	6	14	0.148	120.84	443.48
1888	25.783	5	15	0.17	175.7	644.81
1889	23.873	8	14	0.233	141.67	519.92
1890	35.014	3	15	0.188	315.38	1157.45
1891	22.918	2	11	0.054	103.22	378.81
1892	28.648	6	15	0.251	214.87	788.57
1893	42.653	12	16	1.115	490.77	1801.13
1894	33.422	6	16	0.342	307.63	1129.02
1895	34.377	8	18	0.483	365.01	1339.6
1896	35.969	6	21	0.396	464.05	1703.08
1897	16.552	2	12	0.028	60.55	222.23
1898	31.831	9	18	0.466	315.01	1156.1
1899	26.101	8	18	0.278	215.53	791
1900	22.282	8	12	0.203	106.62	391.3
1901	20.69	5	12	0.109	92.58	339.78
1902	36.287	10	22	0.672	494.33	1814.18
1903	44.563	7	20	0.71	666.64	2446.56
1904	19.417	5	9	0.096	61.74	226.59
1905	16.234	4	12	0.054	58.36	214.18
1906	30.558	5	12	0.238	194.78	714.86
1907	27.375	4	15	0.153	196.99	722.96
1908	20.372	5	14	0.106	104.7	384.24
1909	10.823	4	7	0.024	15.93	58.46
1910	19.735	6	12	0.119	84.62	310.54
1911	16.234	6	9	0.081	43.94	161.26
1912	41.38	8	14	0.699	405.46	1488.03
1913	22.6	6	12	0.156	109.54	402.02
1914	24.191	8	15	0.239	155.58	570.97
1915	12.732	5	9	0.041	27.72	101.74
1916	13.369	5	8	0.046	27.08	99.38
1917	31.194	8	19	0.397	319.8	1173.67
1918	21.327	4	11	0.093	89.99	330.28
1919	21.645	5	12	0.12	100.89	370.27
1920	21.645	7	13	0.167	109.21	400.8
1921	28.33	7	18	0.287	252.07	925.09
1922	13.687	4	9	0.038	31.79	116.68
1923	39.789	6	14	0.485	376.12	1380.35
1924	30.876	9	15	0.438	247.94	909.96
1925	47.746	8	16	0.931	609.27	2236.01
1926	15.279	6	12	0.072	52.01	190.88
1927	12.096	5	12	0.037	33.39	122.53
1928	23.237	6	15	0.165	144.07	528.73
1929	28.648	8	18	0.335	257.51	945.06
1930	25.783	8	13	0.271	152.46	559.52
1931	43.608	8	17	0.777	543.91	1996.16
1932	31.513	5	15	0.253	257.81	946.17
1933	17.189	4	12	0.06	65.06	238.77

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
322	15.915	12	17	0.16	79.28	290.97
323	27.693	2	8	0.08	108.01	396.41
324	16.234	7	14	0.09	67.96	249.4
325	19.099	6	14	0.11	92.59	339.79
326	28.011	9	15	0.36	205.84	755.43
327	16.552	17	19	0.24	95.36	349.98
328	13.369	13	17	0.12	56.91	208.86
329	21.008	10	14	0.23	111.02	407.45
330	22.918	11	15	0.3	140.33	515
331	17.825	14	20	0.23	115.55	424.05
332	24.191	10	15	0.3	155.58	570.97
333	18.78	1	4	0.02	26.07	95.66
334	15.279	3	9	0.04	39.17	143.74
335	20.372	2	5	0.04	37.88	139.02
336	12.096	2	9	0.02	25.16	92.33
337	18.144	2	6	0.03	36.39	133.55
338	10.186	5	16	0.03	32	117.43
339	25.146	6	17	0.19	189.65	696.01
340	21.963	8	18	0.2	155	568.87
341	15.279	9	17	0.11	73.36	269.23
342	18.144	3	10	0.05	60.22	221.02
343	16.552	4	11	0.06	55.57	203.94
344	20.053	7	13	0.14	94.42	346.52
345	16.234	9	11	0.12	53.56	196.56
346	27.056	5	14	0.19	179.9	660.22
347	19.417	8	13	0.15	88.79	325.87
348	27.693	7	18	0.27	241.35	885.75
349	14.324	9	12	0.09	46.01	168.86
350	18.462	6	11	0.1	68.39	250.99
351	14.642	4	9	0.04	36.13	132.59
352	12.096	6	10	0.05	27.9	102.41
353	16.87	6	11	0.09	57.62	211.46
354	23.555	9	13	0.26	128.31	470.9
355	12.414	4	9	0.03	26.43	96.98
356	14.961	5	10	0.06	41.75	153.22
357	16.552	7	10	0.1	50.58	185.64
358	16.87	8	12	0.12	62.79	230.43
359	17.189	7	7	0.11	38.23	140.31
360	15.915	3	10	0.04	46.95	172.32
361	12.096	3	8	0.02	22.41	82.24
362	14.324	8	11	0.08	42.23	154.98
363	14.961	10	14	0.11	58.18	213.53
364	23.873	10	14	0.29	141.67	519.92
365	14.324	9	12	0.09	46.01	168.86
366	11.777	9	12	0.06	31.74	116.49
367	14.324	9	12	0.09	46.01	168.86
368	22.282	11	14	0.28	124.2	455.81
369	25.465	5	8	0.17	92.06	337.87
370	14.006	3	7	0.03	25.93	95.18
371	22.282	6	9	0.15	80.22	294.39
372	14.324	3	6	0.03	23.26	85.35
373	15.279	4	8	0.05	34.88	128
374	18.78	5	8	0.09	51.59	189.34
375	14.324	3	7	0.03	27.06	99.32
376	12.732	4	7	0.03	21.65	79.47
377	23.873	6	10	0.18	101.52	372.59
378	15.915	5	8	0.07	37.68	138.3
379	23.873	5	9	0.15	91.47	335.71
380	23.873	4	8	0.12	81.42	298.8
381	24.51	6	10	0.18	106.74	391.75
382	15.597	3	7	0.04	31.8	116.7
383	11.459	2	4	0.01	10.25	37.64
384	15.597	2	5	0.03	22.84	83.82
385	30.876	7	10	0.34	165.81	608.52
386	25.146	5	8	0.16	89.88	329.87
387	16.552	4	8	0.06	40.59	148.98

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1128	30.876	7	9	0.341	149.37	548.17
1129	22.918	6	8	0.161	75.33	276.47
1130	20.053	4	7	0.082	51.22	187.99
1131	30.558	4	8	0.191	130.31	478.24
1132	25.783	6	8	0.204	94.27	345.95
1133	27.375	6	9	0.23	118.73	435.73
1134	24.828	6	8	0.189	87.73	321.96
1135	19.417	4	7	0.077	48.18	176.82
1136	15.279	4	6	0.048	26.28	96.44
1137	24.191	5	7	0.149	73.17	268.54
1138	26.101	6	8	0.209	96.49	354.13
1139	33.104	6	10	0.336	189.41	695.12
1140	21.008	6	9	0.135	71.72	263.21
1141	16.87	3	6	0.044	31.7	116.35
1142	24.191	6	9	0.179	93.81	344.29
1143	21.645	4	8	0.096	67.57	247.98
1144	15.597	4	6	0.05	27.32	100.28
1145	25.783	6	8	0.204	94.27	345.95
1146	25.146	7	10	0.226	112.09	411.37
1147	25.146	6	8	0.194	89.88	329.87
1148	26.42	7	9	0.249	110.96	407.21
1149	26.101	6	9	0.209	108.42	397.91
1150	25.146	7	9	0.226	100.99	370.63
1151	15.279	5	7	0.06	30.58	112.23
1152	16.234	4	6	0.054	29.47	108.17
1153	15.915	4	7	0.052	33.04	121.26
1154	23.555	3	7	0.085	69.55	255.26
1155	11.777	2,5	6	0.018	16.06	58.96
1156	13.369	2	4	0.018	13.71	50.33
1157	33.422	6	8	0.342	154.61	567.41
1158	23.555	5	7	0.142	69.55	255.26
1159	15.597	3	5	0.037	22.84	83.82
1160	22.282	6	8	0.152	71.4	262.04
1161	28.33	5	8	0.205	112.79	413.96
1162	18.78	4	6	0.072	38.85	142.58
1163	30.558	6	9	0.286	146.44	537.44
1164	29.603	6	9	0.268	137.83	505.85
1165	17.825	5	7	0.081	40.96	150.33
1166	15.597	4	6	0.05	27.32	100.28
1167	32.149	6	9	0.317	161.34	592.12
1168	24.51	6	8	0.184	85.6	314.15
1169	35.969	8	11	0.528	243.98	895.42
1170	33.741	5	8	0.291	157.43	577.76
1171	35.332	5	10	0.319	214.51	787.24
1172	25.465	6	9	0.199	103.44	379.62
1173	28.966	7	9	0.3	132.24	485.3
1174	53.794	9	12	1.33	575.02	2110.33
1175	31.831	6	10	0.31	175.74	644.96
1176	34.377	8	11	0.483	223.76	821.22
1177	21.645	6	9	0.144	75.91	278.59
1178	38.197	6	10	0.447	248.98	913.76
1179	37.56	6	9	0.432	217.16	796.98
1180	29.921	4	6	0.183	94.16	345.57
1181	36.606	4	6	0.274	138.29	507.52
1182	36.287	3	6	0.202	136	499.14
1183	22.282	3	7	0.076	62.58	229.66
1184	45.837	5	8	0.536	282.7	1037.52
1185	30.239	3	5	0.14	80.23	294.43
1186	17.825	7	11	0.114	63.98	234.79
1187	10.186	2,5	7	0.013	14.21	52.14
1188	17.189	6	12	0.09	65.06	238.77
1189	10.186	2	8	0.011	16.19	59.43
1190	13.051	4,5	9	0.039	29.05	106.61
1191	13.687	2	4	0.019	14.34	52.61
1192	13.114	2	7	0.018	22.9	84.04
1193	12.796	4	7	0.033	21.86	80.23

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1934	30.876	5	13	0.243	215.11	789.44
1935	28.966	5	14	0.214	204.93	752.1
1936	15.279	5	14	0.06	60.56	222.24
1937	21.327	4	12	0.093	98.08	359.97
1938	21.327	4	13	0.093	106.17	389.64
1939	12.096	5	9	0.037	25.16	92.33
1940	15.915	6	9	0.078	42.32	155.32
1941	26.101	5	14	0.174	167.97	616.44
1942	31.513	5	13	0.253	223.66	820.84
1943	29.284	5	15	0.219	224.09	822.4
1944	12.096	3	9	0.022	25.16	92.33
1945	20.69	4	10	0.087	77.31	283.73
1946	26.738	5	13	0.182	163.42	599.74
1947	25.465	5	14	0.166	160.23	588.06
1948	19.735	4	11	0.08	77.64	284.95
1949	12.732	5	11	0.041	33.78	123.96
1950	22.918	5	13	0.134	121.78	446.93
1951	13.687	5	12	0.048	42.21	154.9
1952	24.191	6	11	0.179	114.42	419.92
1953	15.279	5	11	0.06	47.73	175.18
1954	22.6	5	9	0.13	82.41	302.45
1955	20.69	5	11	0.109	84.95	311.76
1956	20.69	7	13	0.153	100.21	367.78
1957	17.507	4	11	0.063	61.82	226.89
1958	27.693	5	12	0.196	161.41	592.36
1959	33.422	5	12	0.285	231.17	848.38
1960	18.144	4	9	0.067	54.27	199.19
1961	22.918	5	10	0.134	93.93	344.72
1962	13.369	3	8	0.027	27.08	99.38
1963	21.008	5	9	0.113	71.72	263.21
1964	26.738	5	12	0.182	150.95	553.99
1965	19.099	4	9	0.074	59.83	219.58
1966	20.69	4	9	0.087	69.67	255.67
1967	17.825	6	11	0.097	63.98	234.79
1968	13.687	5	8	0.048	28.31	103.91
1969	21.008	7	11	0.158	87.45	320.96
1970	19.417	7	11	0.135	75.28	276.26
1971	11.459	4	8	0.027	20.23	74.24
1972	15.279	3	11	0.036	47.73	175.18
1973	25.146	8	12	0.258	134.27	492.78
1974	25.465	4	13	0.132	148.89	546.41
1975	23.555	8	17	0.227	167.39	614.32
1976	23.873	5	13	0.145	131.64	483.11
1977	30.876	5	14	0.243	231.53	849.7
1978	33.741	5	12	0.291	235.39	863.89
1979	19.099	5	11	0.093	72.95	267.71
1980	23.555	6	12	0.17	118.53	435.01
1981	20.69	4	12	0.087	92.58	339.78
1982	12.414	3	8	0.024	23.54	86.38
1983	19.417	1	7	0.019	48.18	176.82
1984	28.648	4	9	0.168	129.48	475.18
1985	31.513	5	9	0.253	155.3	569.94
1986	36.606	5	10	0.342	229.52	842.35
1987	30.558	5	10	0.238	162.56	596.6
1988	15.597	5	7	0.062	31.8	116.7
1989	25.465	6	9	0.199	103.44	379.62
1990	15.597	6	8	0.075	36.27	133.1
1991	37.242	5	8	0.354	190.09	697.63
1992	10.823	5	9	0.03	20.38	74.81
1993	17.189	4	7	0.06	38.23	140.31
1994	19.417	5	9	0.096	61.74	226.59
1995	13.687	4	8	0.038	28.31	103.91
1996	13.369	6	9	0.055	30.41	111.59
1997	21.008	7	12	0.158	95.31	349.8
1998	25.783	8	12	0.271	140.83	516.85
1999	16.552	6	10	0.084	50.58	185.64

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
388	16.234	3	7	0.04	34.3	125.89
389	13.369	3	8	0.03	27.08	99.38
390	20.372	5	8	0.11	60.21	220.99
391	24.51	4	9	0.12	96.18	352.97
392	16.234	3	7	0.04	34.3	125.89
393	16.87	4	8	0.06	42.09	154.46
394	33.741	8	12	0.47	235.39	863.89
395	21.008	3	7	0.07	55.96	205.36
396	11.459	3	5	0.02	12.76	46.82
397	13.369	3	6	0.03	20.41	74.91
398	13.687	4	8	0.04	28.31	103.91
399	10.823	2	5	0.01	11.46	42.04
400	11.141	3	6	0.02	14.46	53.08
401	10.186	2	5	0.01	10.22	37.5
402	10.504	3	6	0.02	12.94	47.51
403	14.006	5	8	0.05	29.57	108.54
404	15.915	6	9	0.08	42.32	155.32
405	17.507	6	8	0.09	45.15	165.71
406	15.915	5	8	0.07	37.68	138.3
407	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
408	10.504	3	5	0.02	10.83	39.74
409	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
410	13.369	4	7	0.04	23.75	87.16
411	18.78	5	7	0.09	45.23	165.98
412	14.961	6	9	0.07	37.63	138.11
413	10.186	3	6	0.02	12.21	44.83
414	14.324	4	7	0.04	27.06	99.32
415	13.369	5	8	0.05	27.08	99.38
416	13.687	4	9	0.04	31.79	116.68
417	17.189	5	8	0.08	43.61	160.04
418	15.279	3	6	0.04	26.28	96.44
419	12.096	5	8	0.04	22.41	82.24
420	10.186	5	8	0.03	16.19	59.43
421	10.345	4	7	0.02	14.63	53.69
422	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
423	20.372	8	11	0.17	82.48	302.69
424	14.642	5	7	0.06	28.21	103.54
425	15.279	7	10	0.08	43.45	159.47
426	13.369	6	9	0.06	30.41	111.59
427	10.186	7	9	0.04	18.18	66.71
428	10.823	6	8	0.04	18.16	66.64
429	10.504	6	9	0.03	19.27	70.7
430	15.279	8	10	0.1	43.45	159.47
431	12.732	5	9	0.04	27.72	101.74
432	15.915	7	11	0.09	51.58	189.3
433	14.324	9	12	0.09	46.01	168.86
434	13.051	7	10	0.06	32.22	118.26
435	10.504	6	9	0.03	19.27	70.7
436	13.051	5	9	0.04	29.05	106.61
437	12.096	7.5	10	0.06	27.9	102.41
438	11.141	5	9	0.03	21.53	79.02
439	10.186	4	8	0.02	16.19	59.43
440	10.504	5	9	0.03	19.27	70.7
441	14.006	2	5	0.02	18.63	68.39
442	10.504	1.5	3	0.01	6.57	24.12
443	13.687	3	6	0.03	21.34	78.32
444	18.462	4	7	0.07	43.78	160.68
445	19.417	3	6	0.06	41.39	151.89
446	14.006	3.5	6	0.04	22.29	81.8
447	16.234	6	10	0.08	48.75	178.92
448	14.642	9	13	0.1	51.91	190.52
449	15.597	9	11	0.11	49.64	182.18
450	20.053	8	10	0.16	72.85	267.35
451	21.327	9	10	0.21	81.9	300.57
452	10.504	9	13	0.05	27.65	101.48
453	14.324	4	6	0.04	23.26	85.35

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1194	12.732	2	6	0.017	18.61	68.31
1195	42.653	8	12	0.743	368.6	1352.77
1196	28.011	8	12	0.32	164.97	605.42
1197	42.653	7.5	12	0.697	368.6	1352.77
1198	52.203	12	17	1.669	768.08	2818.87
1199	24.191	5	10	0.149	104.12	382.11
1200	21.868	8	12	0.195	102.88	377.57
1201	12.414	4	8	0.031	23.54	86.38
1202	13.592	6	10	0.057	34.8	127.73
1203	17.189	6	8	0.09	43.61	160.04
1204	14.61	6	10	0.065	39.92	146.49
1205	23.873	5	8	0.145	81.42	298.8
1206	15.183	5	7	0.059	30.22	110.9
1207	12.414	6	8	0.047	23.54	86.38
1208	12.51	4	8	0.032	23.88	87.64
1209	44.882	8	14	0.823	473.73	1738.59
1210	23.81	6	12	0.174	120.99	444.02
1211	32.149	8	12	0.422	214.63	787.68
1212	17.189	9	14	0.136	75.76	278.04
1213	22.6	8	14	0.209	127.61	468.31
1214	16.87	7	12	0.102	62.79	230.43
1215	14.006	8	14	0.08	51.33	188.38
1216	12.732	6	14	0.05	42.83	157.2
1217	21.963	10	14	0.246	120.84	443.48
1218	22.282	9	14	0.228	124.2	455.81
1219	21.709	7	9	0.168	76.34	280.15
1220	28.648	7	14	0.293	200.65	736.38
1221	29.603	8	14	0.358	213.62	784
1222	32.149	5	14	0.264	250.12	917.95
1223	38.515	8	14	0.606	353.41	1297.01
1224	15.661	6	9	0.075	41.04	150.63
1225	23.65	6	12	0.171	119.45	438.38
1226	22.6	8	14	0.209	127.61	468.31
1227	18.78	6	12	0.108	76.99	282.57
1228	13.369	6	10	0.055	33.73	123.79
1229	22.6	8	12	0.209	109.54	402.02
1230	30.558	10	15	0.477	243.08	892.1
1231	16.87	8	12	0.116	62.79	230.43
1232	20.69	7	12	0.153	92.58	339.78
1233	15.279	10	12	0.119	52.01	190.88
1234	23.555	12	15	0.34	147.86	542.63
1235	13.369	8	12	0.073	40.37	148.14
1236	26.261	10	14	0.352	169.93	623.64
1237	33.741	12	15	0.697	293.8	1078.26
1238	44.882	12	15	1.234	507.41	1862.21
1239	21.963	10	14	0.246	120.84	443.48
1240	28.966	10	13	0.428	190.4	698.78
1241	13.051	5	10	0.043	32.22	118.26
1242	14.324	6	10	0.063	38.44	141.09
1243	18.462	6	10	0.104	62.25	228.45
1244	16.87	7	10	0.102	52.45	192.48
1245	18.78	6	11	0.108	70.65	259.29
1246	11.459	5	10	0.034	25.19	92.44
1247	14.006	4	6	0.04	22.29	81.8
1248	21.963	6	8	0.148	69.47	254.97
1249	10.504	3	6	0.017	12.94	47.51
1250	20.053	7	9	0.144	65.65	240.92
1251	34.377	7	11	0.422	223.76	821.22
1252	12.414	3	5	0.024	14.84	54.46
1253	44.882	7	12	0.72	406.36	1491.33
1254	28.011	5	8	0.2	110.39	405.14
1255	35.014	9	12	0.563	252.67	927.29
1256	12.096	3	5	0.022	14.13	51.85
1257	12.096	3	6	0.022	16.89	62
1258	16.87	2	7	0.029	36.9	135.42
1259	25.465	5	11	0.166	126.17	463.06

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
###	19.417	6	10	0.115	68.51	251.44
2001	26.738	2	12	0.073	150.95	553.99
###	16.552	5	9	0.07	45.59	167.32
###	24.828	5	11	0.157	120.23	441.24
###	20.69	2	5	0.044	39.01	143.16
2005	23.237	6	10	0.165	96.43	353.89
###	17.189	7	11	0.106	59.7	219.11
2007	16.87	4	9	0.058	47.27	173.48
###	19.099	3	8	0.056	53.26	195.48
###	22.6	4	9	0.104	82.41	302.45
2010	22.6	6	9	0.156	82.41	302.45
2011	26.101	6	10	0.209	120.34	441.66
2012	24.51	4	8	0.123	85.6	314.15
2013	25.146	4	9	0.129	100.99	370.63
2014	22.6	4	10	0.104	91.46	335.66
2015	38.834	6	11	0.462	282.5	1036.76
2016	31.513	4	10	0.203	172.4	632.7
2017	31.513	4	11	0.203	189.49	695.43
2018	20.053	7	10	0.144	72.85	267.35
2019	29.921	5	9	0.229	140.68	516.28
###	30.239	3	11	0.14	175.14	642.76
2021	41.062	5	11	0.43	314.32	1153.55
###	13.369	5	8	0.046	27.08	99.38
###	26.42	4	9	0.143	110.96	407.21
###	18.78	6	8	0.108	51.59	189.34
2025	25.146	6	8	0.194	89.88	329.87
###	13.687	8	8	0.077	28.31	103.91
2027	14.006	4	7	0.04	25.93	95.18
###	30.876	4	9	0.195	149.37	548.17
###	25.465	5	9	0.166	103.44	379.62
###	26.101	6	10	0.209	120.34	441.66
2031	23.873	4	9	0.116	91.47	335.71
###	11.777	3	5	0.021	13.44	49.31
###	14.324	4	6	0.042	23.26	85.35
###	27.375	8	12	0.306	157.88	579.43
2035	13.051	2	4	0.017	13.1	48.09
###	25.465	8	12	0.265	137.53	504.74
2037	26.101	5	9	0.174	108.42	397.91
###	27.375	6	10	0.23	131.79	483.65
###	29.603	6	10	0.268	153	561.53
###	25.465	6	10	0.199	114.81	421.35
2041	25.783	6	10	0.204	117.56	431.45
###	35.969	8	12	0.528	266.01	976.25
###	22.282	3	11	0.076	97.82	359.01
###	22.918	2	7	0.054	66.02	242.3
2045	28.966	5	11	0.214	161.33	592.08
###	24.191	4	9	0.12	93.81	344.29
2047	16.552	2	9	0.028	45.59	167.32
###	27.693	5	9	0.196	121.37	445.44
###	23.237	4	7	0.11	67.78	248.74
2050	16.552	4	6	0.056	30.58	112.22
2051	25.783	4	9	0.136	105.92	388.72
2052	27.056	8	10	0.299	128.88	472.98
2053	18.78	2	6	0.036	38.85	142.58
2054	28.33	4	10	0.164	140.69	516.34
2055	20.372	3	7	0.064	52.78	193.7
2056	21.963	4	8	0.099	69.47	254.97
2057	13.687	4	7	0.038	24.83	91.13
2058	20.372	4	8	0.085	60.21	220.99
2059	31.194	8	12	0.397	202.61	743.58
###	32.468	8	12	0.431	218.71	802.65
2061	15.915	1	5	0.013	23.73	87.09
###	11.777	5	7	0.035	18.69	68.58
###	10.504	4	9	0.023	19.27	70.7
###	13.369	5	9	0.046	30.41	111.59
2065	14.961	4	7	0.046	29.38	107.84

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
454	10.504	5	9	0.03	19.27	70.7
455	11.459	5	7	0.03	17.74	65.12
456	15.597	9	12	0.11	54.09	198.5
457	16.87	5	9	0.07	47.27	173.48
458	11.777	7	10	0.05	26.53	97.36
459	12.096	7	11	0.05	30.65	112.47
460	12.414	4	7	0.03	20.64	75.76
461	11.777	3	5	0.02	13.44	49.31
462	19.099	9	13	0.17	86.04	315.78
463	11.459	1.5	6	0.01	15.25	55.98
464	15.279	6	9	0.07	39.17	143.74
465	18.144	3.5	8	0.06	48.32	177.34
466	12.096	5	8	0.04	22.41	82.24
467	12.096	3.5	6	0.03	16.89	62
468	17.507	5	9	0.08	50.71	186.12
469	23.555	6	11	0.17	108.75	399.11
470	29.921	7.5	12	0.34	187.11	686.68
471	12.732	3.5	6.5	0.03	20.13	73.89
472	24.828	6	10	0.19	109.4	401.5
473	14.324	4	8	0.04	30.86	113.26
474	11.459	3.5	7	0.02	17.74	65.12
475	17.189	7	12	0.11	65.06	238.77
476	13.369	6	11	0.06	37.05	135.97
477	19.735	8	13	0.16	91.59	336.12
478	10.186	6	10	0.03	20.16	73.98
479	14.961	7	12	0.08	49.97	183.4
480	11.777	5	9	0.04	23.92	87.78
481	25.465	7	13	0.23	148.89	546.41
482	15.915	7	10	0.09	46.95	172.32
483	17.189	7	11	0.11	59.7	219.11
484	10.504	4	8	0.02	17.16	62.99
485	11.141	4	9	0.03	21.53	79.02
486	17.189	4	11	0.06	59.7	219.11
487	11.141	3	7	0.02	16.82	61.75
488	15.597	3	6	0.04	27.32	100.28
489	18.144	7	10	0.12	60.22	221.02
490	11.141	4	7	0.03	16.82	61.75
491	22.282	7	12	0.18	106.62	391.3
492	11.777	3	8	0.02	21.31	78.19
493	12.732	4	9	0.03	27.72	101.74
494	13.369	4	9	0.04	30.41	111.59
495	15.915	4	8	0.05	37.68	138.3
496	12.732	7	10	0.06	30.75	112.86
497	16.234	6	12	0.08	58.36	214.18
498	19.099	7	13	0.13	86.04	315.78
499	23.873	6	14	0.18	141.67	519.92
500	21.327	6	12	0.14	98.08	359.97
501	13.051	6	9	0.05	29.05	106.61
502	17.189	5	9	0.08	48.98	179.75
503	10.504	4	6	0.02	12.94	47.51
504	28.648	8	11	0.34	157.96	579.73
505	15.597	9	13	0.11	58.53	214.82
506	22.918	9	12	0.24	112.5	412.88
507	29.603	8	13	0.36	198.48	728.41
508	24.828	3	10	0.09	109.4	401.5
509	24.828	7	11	0.22	120.23	441.24
510	15.597	4	9	0.05	40.73	149.47
511	24.51	7	10	0.22	106.74	391.75
512	19.099	9	16	0.17	105.66	387.79
513	20.69	4	10	0.09	77.31	283.73
514	22.282	6	9	0.15	80.22	294.39
515	27.056	8	11	0.3	141.64	519.82
516	23.555	9	14	0.26	138.09	506.77
517	29.284	13	18	0.57	268.57	985.63
518	37.242	10	18	0.71	425.49	1561.54
519	18.78	4	7	0.07	45.23	165.98

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1260	22.918	6	12	0.161	112.5	412.88
1261	27.056	4	11	0.149	141.64	519.82
1262	35.014	7	15	0.438	315.38	1157.45
1263	42.335	8	15	0.732	453.67	1664.98
1264	46.155	9	16	0.979	570.91	2095.25
1265	25.465	10	15	0.331	171.58	629.7
1266	26.42	12	15	0.428	184.08	675.56
1267	27.693	12	16	0.47	214.71	788
1268	10.6	4	6	0.023	13.17	48.33
1269	10.345	4	6	0.022	12.58	46.16
1270	27.12	7	10	0.263	129.46	475.11
1271	18.494	6	10	0.105	62.45	229.19
1272	17.666	7	10	0.112	57.25	210.09
1273	10.345	6	8	0.033	16.67	61.2
1274	29.221	7	10	0.305	149.26	547.78
1275	27.056	10	14	0.374	179.9	660.22
1276	25.592	9	14	0.301	161.77	593.69
1277	29.73	6	12	0.271	184.83	678.34
1278	29.348	6	12	0.264	180.32	661.79
1279	10.122	2	5	0.01	10.1	37.06
1280	31.608	8	12	0.408	207.78	762.54
1281	22.632	6	10	0.157	91.71	336.56
1282	29.921	5	10	0.229	156.16	573.1
1283	10.281	2	5	0.011	10.4	38.17
1284	18.08	3	5	0.05	30.21	110.87
1285	23.555	3	10	0.085	98.96	363.18
1286	39.248	5	8	0.393	210.12	771.15
1287	20.69	5	12	0.109	92.58	339.78
1288	17.189	9	11	0.136	59.7	219.11
1289	11.141	4	9	0.025	21.53	79.02
1290	20.69	7	15	0.153	115.46	423.74
1291	26.101	4	12	0.139	144.17	529.09
1292	20.372	4	9	0.085	67.64	248.25
1293	12.414	3	7	0.024	20.64	75.76
1294	11.141	6	11	0.038	26.23	96.25
1295	33.104	6	13	0.336	245.75	901.91
1296	28.648	5	12	0.209	172.2	631.96
1297	20.69	6	12	0.131	92.58	339.78
1298	50.293	10	17	1.291	715.06	2624.26
1299	40.425	7	14	0.584	387.73	1422.95
1300	26.42	5	11	0.178	135.35	496.74
1301	15.915	6	12	0.078	56.2	206.27
1302	18.144	4	10	0.067	60.22	221.02
1303	18.144	6	11	0.101	66.17	242.83
1304	22.6	5	12	0.13	109.54	402.02
1305	15.279	6	12	0.072	52.01	190.88
1306	12.414	5	9	0.039	26.43	96.98
1307	31.831	5	14	0.259	245.41	900.65
1308	25.783	7	13	0.238	152.46	559.52
1309	14.324	2	7	0.021	27.06	99.32
1310	18.144	6	12	0.101	72.1	264.62
1311	36.924	2	4	0.139	94.11	345.37
1312	10	2	5	0.01	9.87	36.22
1313	24.828	4.5	7	0.142	76.88	282.15
1314	16.234	6	9	0.081	43.94	161.26
1315	31.831	5	11	0.259	193.16	708.91
1316	17.189	5	8	0.075	43.61	160.04
1317	23.555	8	11	0.227	108.75	399.11
1318	13.687	5	7	0.048	24.83	91.13
1319	15.915	3	8	0.039	37.68	138.3
1320	31.194	5	12	0.248	202.61	743.58
1321	17.825	6	9	0.097	52.48	192.6
1322	21.008	6	11	0.135	87.45	320.96
1323	27.693	6	11	0.235	148.07	543.41
1324	21.327	7	12	0.163	98.08	359.97
1325	15.597	4	11	0.05	49.64	182.18

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
###	13.051	3	7	0.026	22.69	83.27
2067	23.237	5	8	0.138	77.34	283.82
###	16.234	4	9	0.054	43.94	161.26
###	16.552	5	9	0.07	45.59	167.32
2070	21.963	7	10	0.172	86.62	317.88
2071	23.555	5	9	0.142	89.17	327.24
2072	29.603	2	9	0.089	137.83	505.85
2073	26.738	5	8	0.182	101.03	370.77
2074	11.141	4	7	0.025	16.82	61.75
2075	13.051	5	7	0.043	22.69	83.27
2076	10.186	4	7	0.021	14.21	52.14
2077	14.961	6	9	0.069	37.63	138.11
2078	30.558	2	11	0.095	178.68	655.74
2079	27.693	7	12	0.274	161.41	592.36
###	14.642	5	9	0.055	36.13	132.59
2081	17.825	9	12	0.146	69.72	255.86
###	12.414	4	8	0.031	23.54	86.38
###	10.504	2	8	0.011	17.16	62.99
###	24.828	5	9	0.157	98.57	361.75
2085	10.186	4	6	0.021	12.21	44.83
###	19.099	5	11	0.093	72.95	267.71
2087	10.823	3	7	0.018	15.93	58.46
###	14.324	3	8	0.031	30.86	113.26
###	17.189	4	8	0.06	43.61	160.04
###	24.51	5	11	0.153	117.31	430.51
2091	11.459	5	8	0.034	20.23	74.24
###	30.876	3	12	0.146	198.68	729.15
###	16.552	5	11	0.07	55.57	203.94
###	16.552	3	8	0.042	40.59	148.98
2095	18.462	6	9	0.104	56.1	205.88
###	11.141	4	7	0.025	16.82	61.75
2097	15.915	5	9	0.065	42.32	155.32
###	24.191	3	12	0.09	124.72	457.7
###	41.698	3	10	0.266	294.45	1080.64
2100	26.101	5	10	0.174	120.34	441.66
2101	22.282	5	11	0.127	97.82	359.01
2102	26.738	6	11	0.219	138.48	508.22
2103	23.555	6	12	0.17	118.53	435.01
2104	24.191	4	12	0.12	124.72	457.7
2105	24.191	6	11	0.179	114.42	419.92
2106	17.189	3	5	0.045	27.45	100.75
2107	28.33	9	13	0.369	182.49	669.74
2108	39.47	7	13	0.557	344.06	1262.71
2109	24.828	8	13	0.252	141.86	520.64
2110	22.282	8	14	0.203	124.2	455.81
2111	24.191	5	9	0.149	93.81	344.29
2112	22.282	8	12	0.203	106.62	391.3
2113	35.969	10	14	0.66	310.04	1137.85
2114	20.053	8	13	0.164	94.42	346.52
2115	31.194	8	12	0.397	202.61	743.58
2116	27.693	8	11	0.313	148.07	543.41
2117	25.465	8	12	0.265	137.53	504.74
2118	35.651	10	13	0.649	283.17	1039.23
2119	23.873	6	10	0.175	101.52	372.59
2120	23.873	6	11	0.175	111.57	409.45
2121	25.465	8	11	0.265	126.17	463.06
2122	19.735	11	14	0.219	98.55	361.69
2123	14.642	8	11	0.088	44.03	161.58
2124	18.78	10	13	0.18	83.33	305.84
2125	21.008	9	14	0.203	111.02	407.45
2126	24.51	10	15	0.307	159.51	585.39
2127	17.189	3	6	0.045	32.85	120.54
2128	15.915	8	11	0.103	51.58	189.3
2129	31.513	8	13	0.406	223.66	820.84
2130	20.372	7	11	0.148	82.48	302.69
2131	14.642	6	10	0.066	40.08	147.1

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
520	17.825	6	9	0.1	52.48	192.6
521	26.738	8	11	0.29	138.48	508.22
522	18.144	6	9	0.1	54.27	199.19
523	27.693	6	9	0.24	121.37	445.44
524	19.735	7	9	0.14	63.68	233.7
525	27.693	5	9	0.2	121.37	445.44
526	16.552	5	7	0.07	35.59	130.61
527	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
528	13.369	4	8	0.04	27.08	99.38
529	11.141	3	6	0.02	14.46	53.08
530	18.144	6	3	0.1	18.41	67.56
531	14.961	4	6	0.05	25.25	92.67
532	15.279	5	9	0.06	39.17	143.74
533	16.552	4	6	0.06	30.58	112.22
534	25.146	8	12	0.26	134.27	492.78
535	26.101	7	12	0.24	144.17	529.09
536	35.014	5	9	0.31	189.9	696.94
537	35.969	6	10	0.4	221.96	814.57
538	22.918	6	9	0.16	84.63	310.61
539	22.918	5	10	0.13	93.93	344.72
540	21.645	5	8	0.12	67.57	247.98
541	22.918	7	10	0.19	93.93	344.72
542	14.324	3	7	0.03	27.06	99.32
543	21.327	7	10	0.16	81.9	300.57
544	16.87	6	9	0.09	47.27	173.48
545	17.507	6	9	0.09	50.71	186.12
546	27.056	7	10	0.26	128.88	472.98
547	22.282	4	9	0.1	80.22	294.39
548	26.101	5	10	0.17	120.34	441.66
549	21.327	6	9	0.14	73.8	270.85
550	18.144	6	9	0.1	54.27	199.19
551	20.372	5	7	0.11	52.78	193.7
552	23.555	7	9	0.2	89.17	327.24
553	23.873	4	10	0.12	101.52	372.59
554	19.735	7	12	0.14	84.62	310.54
555	22.282	9	13	0.23	115.41	423.56
556	20.69	6	12	0.13	92.58	339.78
557	28.33	7	13	0.29	182.49	669.74
558	25.465	8	14	0.27	160.23	588.06
559	23.237	7	11	0.19	105.97	388.89
560	20.372	6	10	0.13	75.06	275.48
561	26.42	10	14	0.36	171.9	630.88
562	23.873	9	13	0.26	131.64	483.11
563	26.101	10	14	0.35	167.97	616.44
564	23.555	9	12	0.26	118.53	435.01
565	36.287	12	16	0.81	360.08	1321.49
566	18.462	7	10	0.12	62.25	228.45
567	35.332	8	15	0.51	320.89	1177.67
568	21.008	8	10	0.18	79.59	292.09
569	23.873	9	11	0.26	111.57	409.45
570	30.558	9	12	0.43	194.78	714.86
571	24.828	10	13	0.32	141.86	520.64
572	22.282	8	11	0.2	97.82	359.01
573	23.873	7	11	0.2	111.57	409.45
574	24.828	7	10	0.22	109.4	401.5
575	19.099	6	9	0.11	59.83	219.58
576	25.146	10	12	0.32	134.27	492.78
577	26.42	9	12	0.32	147.54	541.47
578	21.645	4	10	0.1	84.24	309.17
579	14.961	9	11	0.1	45.86	168.32
580	32.468	10	12	0.54	218.71	802.65
581	15.597	6	9	0.08	40.73	149.47
582	28.33	6	10	0.25	140.69	516.34
583	20.372	5	11	0.11	82.48	302.69
584	23.237	7	12	0.19	115.5	423.88
585	24.828	8	13	0.25	141.86	520.64

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1326	26.42	9	12	0.321	147.54	541.47
1327	20.69	5	9	0.109	69.67	255.67
1328	25.146	7	11	0.226	123.18	452.08
1329	31.513	4	11	0.203	189.49	695.43
1330	22.918	8	13	0.215	121.78	446.93
1331	21.963	3	7	0.074	60.89	223.46
1332	20.372	6	9	0.127	67.64	248.25
1333	21.645	6	11	0.144	92.57	339.73
1334	22.6	6	10	0.156	91.46	335.66
1335	21.963	5	11	0.123	95.18	349.31
1336	22.918	5	9	0.134	84.63	310.61
1337	16.234	5	8	0.067	39.13	143.59
1338	21.008	8	11	0.18	87.45	320.96
1339	27.693	4	11	0.157	148.07	543.41
1340	37.56	5	10	0.36	241.11	884.86
1341	20.372	4	9	0.085	67.64	248.25
1342	26.42	8	11	0.285	135.35	496.74
1343	39.47	5	9	0.398	238.75	876.23
1344	17.825	2	8	0.032	46.72	171.48
1345	57.296	6	12	1.006	648.95	2381.66
1346	18.144	5	9	0.084	54.27	199.19
1347	29.284	7	11	0.306	164.73	604.57
1348	10.823	5	8	0.03	18.16	66.64
1349	31.194	8	12	0.397	202.61	743.58
1350	23.237	8	11	0.221	105.97	388.89
1351	22.6	4	6	0.104	55.21	202.63
1352	29.284	6	12	0.263	179.58	659.05
1353	22.6	6	10	0.156	91.46	335.66
1354	19.417	7	11	0.135	75.28	276.26
1355	25.146	7	11	0.226	123.18	452.08
1356	26.738	11	15	0.401	188.33	691.19
1357	43.927	4	12	0.394	389.96	1431.15
1358	27.693	7	13	0.274	174.74	641.29
1359	32.468	6	11	0.323	200.61	736.25
1360	24.51	7	12	0.215	127.86	469.26
1361	25.783	6	13	0.204	152.46	559.52
1362	20.69	1	8	0.022	62.02	227.6
1363	41.38	5	9	0.437	261.33	959.08
1364	23.237	6	10	0.165	96.43	353.89
1365	38.834	8	11	0.616	282.5	1036.76
1366	25.465	3	7	0.099	80.67	296.07
1367	28.648	8	13	0.335	186.43	684.18
1368	24.191	5	10	0.149	104.12	382.11
1369	28.33	9	13	0.369	182.49	669.74
1370	30.239	9	14	0.42	222.49	816.53
1371	12.414	5	8	0.039	23.54	86.38
1372	18.462	5	11	0.087	68.39	250.99
1373	32.786	8	12	0.439	222.82	817.76
1374	12.732	5	8	0.041	24.69	90.62
1375	13.051	4	7	0.035	22.69	83.27
1376	31.194	4	12	0.199	202.61	743.58
1377	11.141	4	7	0.025	16.82	61.75
1378	15.597	2	7	0.025	31.8	116.7
1379	19.417	8	13	0.154	88.79	325.87
1380	21.008	6	9	0.135	71.72	263.21
1381	23.237	5	8	0.138	77.34	283.82
1382	30.239	7	10	0.327	159.35	584.8
1383	14.324	5	7	0.052	27.06	99.32
1384	13.369	5	8	0.046	27.08	99.38
1385	32.786	5	11	0.274	204.39	750.1
1386	26.738	6	10	0.219	126	462.43
1387	28.966	7	11	0.3	161.33	592.08
1388	26.42	4	8	0.143	98.75	362.41
1389	10.504	4	5	0.023	10.83	39.74
1390	22.282	7	11	0.177	97.82	359.01
1391	21.963	7	11	0.172	95.18	349.31

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
2132	18.78	6	10	0.108	64.3	235.99
2133	15.915	7	10	0.091	46.95	172.32
2134	23.873	8	12	0.233	121.6	446.29
2135	30.558	9	14	0.429	226.99	833.04
2136	19.417	7	11	0.135	75.28	276.26
2137	19.099	7	13	0.13	86.04	315.78
2138	16.87	6	9	0.087	47.27	173.48
2139	20.372	5	9	0.106	67.64	248.25
2140	19.099	7	11	0.13	72.95	267.71
2141	20.053	6	10	0.123	72.85	267.35
2142	24.51	8	11	0.245	117.31	430.51
2143	24.51	9	11	0.276	117.31	430.51
2144	21.327	10	12	0.232	98.08	359.97
2145	25.465	10	13	0.331	148.89	546.41
2146	14.642	6	8	0.066	32.17	118.08
2147	23.873	8	11	0.233	111.57	409.45
2148	20.053	7	11	0.144	80.04	293.76
2149	21.008	8	11	0.18	87.45	320.96
2150	21.327	7	12	0.163	98.08	359.97
2151	18.78	5	8	0.09	51.59	189.34
2152	30.876	6	11	0.292	182.25	668.85
2153	32.786	7	10	0.384	185.94	682.41
2154	25.146	4	9	0.129	100.99	370.63
2155	38.197	7	11	0.521	273.7	1004.49
2156	28.33	4	7	0.164	98.83	362.71
2157	30.876	6	11	0.292	182.25	668.85
2158	32.149	4	7	0.211	125.77	461.59
2159	26.42	7	11	0.249	135.35	496.74
2160	39.789	6	10	0.485	269.19	987.95
2161	28.33	8	11	0.328	154.63	567.5
2162	21.327	8	12	0.186	98.08	359.97
2163	21.008	7	10	0.158	79.59	292.09
2164	35.014	6	12	0.376	252.67	927.29
2165	19.099	7	11	0.13	72.95	267.71
2166	30.876	5	12	0.243	198.68	729.15
2167	34.377	8	12	0.483	243.96	895.32
2168	30.876	8	12	0.389	198.68	729.15
2169	23.555	5	11	0.142	108.75	399.11
2170	28.648	6	10	0.251	143.72	527.47
2171	28.011	5	10	0.2	137.69	505.33
2172	22.282	6	10	0.152	89.02	326.71
2173	33.422	6	11	0.342	212.04	778.17
2174	26.738	9	11	0.328	138.48	508.22
2175	39.789	5	9	0.404	242.45	889.79
2176	26.42	7	10	0.249	123.16	451.99
2177	26.738	7	11	0.255	138.48	508.22
2178	27.056	7	10	0.262	128.88	472.98
2179	19.417	10	13	0.192	88.79	325.87
2180	17.189	7	10	0.106	54.34	199.44
2181	32.468	10	14	0.538	254.88	935.41
2182	50.929	3	7	0.397	302.86	1111.51
2183	26.42	8	11	0.285	135.35	496.74
2184	18.462	8	11	0.139	68.39	250.99
2185	18.78	9	11	0.162	70.65	259.29
2186	22.282	10	12	0.253	106.62	391.3
2187	21.963	6	9	0.148	78.05	286.44
2188	35.332	11	13	0.701	278.35	1021.56
2189	31.513	3.5	12	0.177	206.58	758.15
2190	32.149	8	10	0.422	179.11	657.33
2191	50.929	1.8	10	0.238	431.81	1584.75
2192	27.693	9	11	0.352	148.07	543.41
2193	25.465	9	11	0.298	126.17	463.06
2194	19.417	8	11	0.154	75.28	276.26
2195	35.014	4	9	0.25	189.9	696.94
2196	54.113	9	13	1.345	629.84	2311.51
2197	41.698	6	12	0.533	352.96	1295.37

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
586	21.645	7	10	0.17	84.24	309.17
587	27.693	5	10	0.2	134.72	494.43
588	27.056	10	12	0.37	154.4	566.64
589	14.642	4	8	0.04	32.17	118.08
590	19.735	8	11	0.16	77.64	284.95
591	12.732	6	9	0.05	27.72	101.74
592	11.459	6	8	0.04	20.23	74.24
593	15.915	8	10	0.1	46.95	172.32
594	25.783	9	13	0.31	152.46	559.52
595	13.687	7	10	0.07	35.27	129.44
596	25.783	9	13	0.31	152.46	559.52
597	11.777	9	14	0.06	36.94	135.59
598	22.282	8	11	0.2	97.82	359.01
599	22.918	9	12	0.24	112.5	412.88
600	21.008	8	10	0.18	79.59	292.09
601	15.279	5	8	0.06	34.88	128
602	25.146	10	12	0.32	134.27	492.78
603	30.558	9	12	0.43	194.78	714.86
604	13.687	6	9	0.06	31.79	116.68
605	25.783	9	13	0.31	152.46	559.52
606	14.642	6	9	0.07	36.13	132.59
607	26.101	8	12	0.28	144.17	529.09
608	22.282	7	11	0.18	97.82	359.01
609	19.099	6	9	0.11	59.83	219.58
610	23.555	9	12	0.26	118.53	435.01
611	28.33	6	10	0.25	140.69	516.34
612	15.915	4	7	0.05	33.04	121.26
613	23.237	7	9	0.19	86.89	318.87
614	25.146	9	12	0.29	134.27	492.78
615	12.414	4	7	0.03	20.64	75.76
616	19.099	6	9	0.11	59.83	219.58
617	26.42	9	12	0.32	147.54	541.47
618	22.6	7	10	0.18	91.46	335.66
619	21.645	6	10	0.14	84.24	309.17
620	12.732	6	9	0.05	27.72	101.74
621	25.783	9	13	0.31	152.46	559.52
622	19.735	7	10	0.14	70.66	259.33
623	20.372	5	10	0.11	75.06	275.48
624	21.645	7	10	0.17	84.24	309.17
625	23.873	9	13	0.26	131.64	483.11
626	18.462	7	10	0.12	62.25	228.45
627	19.735	7	12	0.14	84.62	310.54
628	12.732	3	7	0.03	21.65	79.47
629	21.327	6	9	0.14	73.8	270.85
630	25.465	8	14	0.27	160.23	588.06
631	22.282	4	9	0.1	80.22	294.39
632	15.279	5	8	0.06	34.88	128
633	14.961	4	7	0.05	29.38	107.84
634	29.284	10	13	0.44	194.42	713.52
635	23.873	4	9	0.12	91.47	335.71
636	21.327	6	13	0.14	106.17	389.64
637	17.507	5	6	0.08	34.01	124.81
638	22.282	9	9	0.23	80.22	294.39
639	14.961	4	6	0.05	25.25	92.67
640	16.552	3	7	0.04	35.59	130.61
641	22.282	4	9	0.1	80.22	294.39
642	27.056	7	10	0.26	128.88	472.98
643	28.33	8	10	0.33	140.69	516.34
644	20.053	4	7	0.08	51.22	187.99
645	12.414	6	9	0.05	26.43	96.98
646	20.372	8	12	0.17	89.89	329.89
647	12.096	5	9	0.04	25.16	92.33
648	10.504	4	9	0.02	19.27	70.7
649	19.894	6	9	0.12	64.66	237.3
650	18.462	8	11	0.14	68.39	250.99
651	16.552	7	10	0.1	50.58	185.64

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1392	13.687	5	7	0.048	24.83	91.13
1393	35.651	10	15	0.649	326.45	1198.06
1394	27.375	8	12	0.306	157.88	579.43
1395	36.287	5	9	0.336	203.31	746.15
1396	11.459	3	5	0.02	12.76	46.82
1397	21.008	5	9	0.113	71.72	263.21
1398	20.69	6	11	0.131	84.95	311.76
1399	21.645	6	11	0.144	92.57	339.73
1400	22.918	5	8	0.134	75.33	276.47
1401	21.327	5	8	0.116	65.69	241.1
1402	21.008	5	11	0.113	87.45	320.96
1403	25.146	5	11	0.161	123.18	452.08
1404	17.825	3	10	0.049	58.23	213.71
1405	27.056	6	11	0.224	141.64	519.82
1406	14.961	10	14	0.114	58.18	213.53
1407	31.831	11	15	0.569	262.81	964.53
1408	29.062	8	16	0.345	235.45	864.11
1409	16.775	8	13	0.115	67.22	246.71
1410	36.924	6	13	0.418	302.83	1111.4
1411	25.783	7	14	0.238	164.08	602.17
1412	25.465	8	12	0.265	137.53	504.74
1413	22.918	8	12	0.215	112.5	412.88
1414	30.399	6	12	0.283	192.85	707.76
1415	15.915	9	13	0.116	60.83	223.23
1416	28.489	7	13	0.29	184.45	676.94
1417	20.467	7	12	0.15	90.69	332.84
1418	21.008	5	12	0.113	95.31	349.8
1419	24.987	5	12	0.159	132.66	486.85
1420	27.056	5	12	0.187	154.4	566.64
1421	28.011	5	13	0.2	178.59	655.44
1422	29.284	7	12	0.306	179.58	659.05
1423	14.006	6	9	0.06	33.21	121.88
1424	24.191	8	12	0.239	124.72	457.7
1425	24.637	7	12	0.217	129.13	473.92
1426	27.375	5	12	0.191	157.88	579.43
1427	23.873	6	12	0.175	121.6	446.29
1428	19.099	9	13	0.168	86.04	315.78
1429	28.648	7	13	0.293	186.43	684.18
1430	15.152	2	6	0.023	25.86	94.92
1431	22.122	5	8	0.125	70.43	258.49
1432	20.626	6	12	0.13	92.04	337.79
1433	16.552	6	11	0.084	55.57	203.94
1434	20.786	8	13	0.176	101.09	371.02
1435	19.162	5	8	0.094	53.6	196.72
1436	22.122	8	12	0.2	105.17	385.99
1437	11.141	6	10	0.038	23.88	87.64
1438	25.974	6	12	0.207	142.83	524.18
1439	25.306	6	12	0.196	135.9	498.74
1440	23.077	6	12	0.163	113.99	418.36
1441	16.043	9	12	0.118	57.06	209.42
1442	17.189	5	8	0.075	43.61	160.04
1443	13.687	6	9	0.057	31.79	116.68
1444	17.825	10	13	0.162	75.46	276.92
1445	33.836	6	13	0.351	256.25	940.43
1446	27.884	7	13	0.278	177.05	649.76
1447	14.324	6	18	0.063	68.65	251.96
1448	13.369	7	11	0.064	37.05	135.97
1449	40.425	6	12	0.501	332.62	1220.71
1450	17.507	9	12	0.141	67.37	247.24
1451	22.6	8	12	0.209	109.54	402.02
1452	16.234	5	12	0.067	58.36	214.18
1453	16.234	5	11	0.067	53.56	196.56
1454	18.78	6	12	0.108	76.99	282.57
1455	15.915	4	11	0.052	51.58	189.3
1456	12.191	4	10	0.03	28.32	103.94
1457	15.502	3	9	0.037	40.26	147.74

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
2198	33.741	6	13	0.349	254.87	935.36
2199	43.29	4	11	0.383	347.77	1276.33
###	25.783	8	10	0.271	117.56	431.45
2201	33.104	8	11	0.448	208.19	764.07
###	25.465	10	16	0.331	182.92	671.32
###	30.558	8	12	0.381	194.78	714.86
###	49.338	4	12	0.497	487.17	1787.93
2205	28.966	5	10	0.214	146.79	538.71
###	22.918	6	10	0.161	93.93	344.72
2207	30.558	11	13	0.524	210.89	773.96
###	33.741	10	13	0.581	254.87	935.36
###	25.465	6	12	0.199	137.53	504.74
2210	21.645	7	10	0.167	84.24	309.17
2211	39.152	9	11	0.704	286.94	1053.07
2212	27.693	9	11	0.352	148.07	543.41
2213	28.648	7	13	0.293	186.43	684.18
2214	33.741	10	14	0.581	274.34	1006.81
2215	24.51	10	12	0.307	127.86	469.26
2216	23.237	12	15	0.331	144.07	528.73
2217	14.006	4	7	0.04	25.93	95.18
2218	33.486	12	16	0.687	308.76	1133.14
2219	20.426	5	9	0.109	69.26	254.18
###	20.667	8	13	0.171	94.43	346.56
2221	21.008	7	14	0.158	111.02	407.45
###	24.51	9	13	0.276	138.41	507.98
###	29.889	9	14	0.41	217.59	798.56
###	34.823	10	17	0.619	353.45	1297.18
2225	24.351	8	15	0.242	157.54	578.16
###	18.971	8	13	0.147	84.95	311.78
2227	30.112	12	17	0.555	267.63	982.21
###	32.977	6	14	0.333	262.58	963.67
###	31.194	10	15	0.497	252.85	927.98
###	34.377	10	15	0.603	304.5	1117.52
2231	45.518	8	16	0.846	555.91	2040.18
###	41.794	8	18	0.713	530.72	1947.74
###	48.383	9	16	1.076	624.94	2293.54
###	33.868	10	18	0.586	354.73	1301.86
2235	47.11	8	15	0.906	556.81	2043.49
###	18.398	5.2	9	0.09	55.73	204.53
2237	11.141	5	7	0.032	16.82	61.75
###	17.698	4.4	9	0.07	51.77	190
###	14.356	4.7	8	0.049	30.99	113.74
###	28.966	3.5	10	0.15	146.79	538.71
2241	19.767	4.6	8	0.091	56.86	208.69
###	12.532	2.6	6	0.021	18.06	66.29

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
652	14.961	6	9	0.07	37.63	138.11
653	18.78	8	10	0.14	64.3	235.99
654	16.552	6	9	0.08	45.59	167.32
655	36.287	7	11	0.47	248.13	910.64
656	16.87	8	11	0.12	57.62	211.46
657	14.961	5	8	0.06	33.51	122.99
658	13.369	3	7	0.03	23.75	87.16
659	21.963	6	9	0.15	78.05	286.44
660	23.237	8	12	0.22	115.5	423.88
661	29.284	8	13	0.35	194.42	713.52
662	14.642	4	10	0.04	40.08	147.1
663	16.234	6	10	0.08	48.75	178.92
664	21.645	6	10	0.14	84.24	309.17
665	17.507	4	7	0.06	39.58	145.27
666	23.237	4	9	0.11	86.89	318.87
667	19.099	5	8	0.09	53.26	195.48
668	13.687	4	7	0.04	24.83	91.13
669	17.189	5	9	0.08	48.98	179.75
670	17.189	5	9	0.08	48.98	179.75
671	15.915	6	11	0.08	51.58	189.3
672	18.462	6	11	0.1	68.39	250.99
673	14.006	4	8	0.04	29.57	108.54
674	13.687	7	11	0.07	38.74	142.18
675	21.327	6	9	0.14	73.8	270.85
676	15.597	5	9	0.06	40.73	149.47
677	22.282	6	10	0.15	89.02	326.71
678	14.642	5	9	0.06	36.13	132.59
679	16.87	6	10	0.09	52.45	192.48
680	13.369	4	8	0.04	27.08	99.38
681	19.417	5	8	0.1	54.96	201.72
682	11.777	4	7	0.03	18.69	68.58
683	19.417	4	7	0.08	48.18	176.82
684	21.327	8	10	0.19	81.9	300.57
685	13.687	3	7	0.03	24.83	91.13
686	16.234	4	8	0.05	39.13	143.59
687	14.961	5	9	0.06	37.63	138.11
688	21.008	7	10	0.16	79.59	292.09
689	15.597	4	8	0.05	36.27	133.1
690	14.006	4	10	0.04	36.84	135.2
691	18.462	7	12	0.12	74.53	273.53
692	17.825	5	11	0.08	63.98	234.79
693	24.51	7	10	0.22	106.74	391.75
694	21.645	7	10	0.17	84.24	309.17
695	17.507	4	11	0.06	61.82	226.89
696	25.146	4	11	0.13	123.18	452.08
697	11.141	6	10	0.04	23.88	87.64
698	18.653	6	10	0.11	63.48	232.96
699	17.984	5	8	0.08	47.52	174.39
700	19.417	6	9	0.12	61.74	226.59
701	20.372	4	7	0.09	52.78	193.7
702	22.282	9	13	0.23	115.41	423.56
703	14.642	5	8	0.06	32.17	118.08
704	21.327	5	9	0.12	73.8	270.85
705	14.642	5	8	0.06	32.17	118.08
706	11.459	5	8	0.03	20.23	74.24
707	14.642	5	8	0.06	32.17	118.08
708	20.053	3	10	0.06	72.85	267.35
709	14.961	5	7	0.06	29.38	107.84
710	13.051	4	8	0.04	25.87	94.95
711	11.459	4	8	0.03	20.23	74.24
712	15.915	6	10	0.08	46.95	172.32
713	19.099	8	11	0.15	72.95	267.71
714	16.552	10	13	0.14	65.53	240.51
715	13.687	8	10	0.08	35.27	129.44
716	19.099	9	13	0.17	86.04	315.78
717	18.78	8	12	0.14	76.99	282.57

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1458	22.282	8	13	0.203	115.41	423.56
1459	21.963	7	12	0.172	103.74	380.71
1460	21.645	8	12	0.191	100.89	370.27
1461	12.732	8	12	0.066	36.8	135.05
1462	19.417	7	12	0.135	82.04	301.08
1463	21.327	7	13	0.163	106.17	389.64
1464	12.987	6	10	0.052	31.93	117.17
1465	25.465	6	11	0.199	126.17	463.06
1466	23.873	6	11	0.175	111.57	409.45
1467	18.78	6	10	0.108	64.3	235.99
1468	27.375	7	11	0.268	144.84	531.55
1469	26.101	7	10	0.243	120.34	441.66
1470	46.791	5	11	0.559	403.63	1481.31
1471	20.69	9	12	0.197	92.58	339.78
1472	35.332	8	12	0.51	257.08	943.47
1473	14.642	8	12	0.088	47.97	176.06
1474	15.915	6	10	0.078	46.95	172.32
1475	24.828	8	12	0.252	131.05	480.95
1476	12.732	6	12	0.05	36.8	135.05
1477	24.51	5	12	0.153	127.86	469.26
1478	27.375	8	13	0.306	170.92	627.29
1479	22.6	9	19	0.235	172.71	633.84
1480	17.189	6	10	0.09	54.34	199.44
1481	17.825	6	12	0.097	69.72	255.86
1482	24.51	8	12	0.245	127.86	469.26
1483	18.144	7	12	0.118	72.1	264.62
1484	48.383	8	13	0.956	508.19	1865.04
1485	14.642	5	8	0.055	32.17	118.08
1486	27.375	5	12	0.191	157.88	579.43
1487	21.008	4	10	0.09	79.59	292.09
1488	14.515	5	8	0.054	31.65	116.14
1489	30.558	6	10	0.286	162.56	596.6
1490	18.78	6	11	0.108	70.65	259.29
1491	39.789	8	12	0.647	322.67	1184.19
1492	38.834	6	12	0.462	308.01	1130.39
1493	28.011	6	12	0.24	164.97	605.42
1494	35.014	10	13	0.626	273.58	1004.02
1495	24.828	7	12	0.22	131.05	480.95
1496	20.053	7	14	0.144	101.6	372.89
1497	16.87	6	12	0.087	62.79	230.43
1498	22.027	9	13	0.223	112.91	414.38
1499	24.828	8	12	0.252	131.05	480.95
1500	16.457	8	12	0.111	59.89	219.8
1501	24.51	6	12	0.184	127.86	469.26
1502	14.324	6	12	0.063	46.01	168.86
1503	33.422	6	12	0.342	231.17	848.38
1504	34.059	4	11	0.237	219.82	806.74
1505	31.194	8	12	0.397	202.61	743.58
1506	21.963	7	12	0.172	103.74	380.71
1507	18.685	6	12	0.107	76.25	279.84
1508	17.189	4	7	0.06	38.23	140.31
1509	15.152	5	10	0.059	42.77	156.96
1510	17.73	9	13	0.144	74.69	274.11
1511	18.685	7	11	0.125	69.97	256.79
1512	15.915	5	10	0.065	46.95	172.32
1513	15.629	6	11	0.075	49.83	182.88
1514	18.144	8	12	0.134	72.1	264.62
1515	13.687	6	12	0.057	42.21	154.9
1516	16.329	7	10	0.095	49.3	180.92
1517	12.414	6	9	0.047	26.43	96.98
1518	15.852	4	7	0.051	32.79	120.34
1519	14.006	8	12	0.08	44.09	161.81
1520	12.732	6	9	0.05	27.72	101.74
1521	22.855	8	12	0.213	111.91	410.69
1522	18.048	6	10	0.1	59.62	218.81
1523	16.552	9	14	0.126	70.51	258.78

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
###	21.263	6.9	12	0.159	97.53	357.92
2265	29.603	8.4	13	0.374	198.48	728.41
###	10.186	2.4	5.5	0.013	11.22	41.17
2267	13.751	2.6	6	0.025	21.53	79.01
###	10.504	2.1	6	0.012	12.94	47.51
###	29.921	3.7	7	0.169	109.68	402.52
2270	32.086	6.2	13	0.324	231.5	849.6
2271	12.892	2.7	6	0.023	19.06	69.93
2272	16.361	5.7	9	0.077	44.6	163.67
2273	16.075	2.7	6	0.035	28.93	106.17
2274	23.237	2.8	8	0.077	77.34	283.82
2275	20.881	5.5	8	0.122	63.11	231.61
2276	37.497	5	9	0.359	216.46	794.4
2277	40.202	7	10	0.578	274.58	1007.69
2278	36.287	6	11	0.403	248.13	910.64
2279	24.382	5	8	0.152	84.76	311.05
###	34.155	6	8	0.357	161.13	591.36
2281	17.316	3.5	6	0.054	33.31	122.24
###	18.621	4	7	0.071	44.5	163.32
###	15.152	4	7.5	0.047	32.21	118.23
###	13.592	4	6.5	0.038	22.78	83.61
2285	11.236	3.5	7	0.023	17.1	62.75
###	11.65	3	6	0.021	15.74	57.76
2287	35.237	6	10	0.38	213.4	783.18
###	25.083	4	7	0.128	78.39	287.68
###	10.663	3	5	0.017	11.14	40.88
###	34.155	6	8	0.357	161.13	591.36
2291	57.932	8	12	1.371	662.86	2432.69
###	16.457	4	8	0.055	40.15	147.35
###	10.568	4	7	0.023	15.23	55.89
###	26.42	6	10	0.214	123.16	451.99
2295	25.624	6	10	0.201	116.18	426.39
###	50.929	8	12	1.059	517.74	1900.11
2297	35.332	7	10	0.446	214.51	787.24
###	32.531	8	12	0.432	219.53	805.66
###	30.017	9	12	0.414	188.25	690.87
###	30.43	6	11	0.284	177.26	650.54
2301	25.942	7	11	0.241	130.72	479.76
###	22.6	6	10	0.156	91.46	335.66
###	35.842	6	9	0.393	198.57	728.74
###	16.106	4	7	0.053	33.8	124.03
2305	23.268	7	10	0.193	96.68	354.82
###	14.547	5	8	0.054	31.78	116.62
2307	56.659	7	10	1.147	529.7	1944
###	13.878	4	10	0.039	36.21	132.88
###	26.42	5	9	0.178	110.96	407.

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
718	15.597	7	11	0.09	49.64	182.18
719	16.234	9	12	0.12	58.36	214.18
720	17.507	9	13	0.14	72.91	267.59
721	20.372	10	14	0.21	104.7	384.24
722	10.823	6	10	0.04	22.61	82.97
723	18.462	7	10	0.12	62.25	228.45
724	11.141	2.5	5	0.02	12.1	44.4
725	10.823	3	5.5	0.02	12.58	46.15
726	12.732	5	7	0.04	21.65	79.47
727	17.189	5	8	0.08	43.61	160.04
728	15.915	6	9	0.08	42.32	155.32
729	14.642	5	7	0.06	28.21	103.54
730	12.414	7	9	0.06	26.43	96.98
731	12.096	3	5	0.02	14.13	51.85
732	13.687	4	6	0.04	21.34	78.32
733	14.642	6	8	0.07	32.17	118.08
734	13.369	6	8	0.06	27.08	99.38
735	15.597	6	10	0.08	45.19	165.83
736	32.786	10	15	0.55	278.1	1020.63
737	14.961	6	10	0.07	41.75	153.22
738	14.642	5	7	0.06	28.21	103.54
739	17.189	5	8	0.08	43.61	160.04
740	12.414	4	7	0.03	20.64	75.76
741	14.006	3.5	7	0.04	25.93	95.18
742	16.711	6	9	0.09	46.43	170.39
743	10.186	5	8	0.03	16.19	59.43
744	10.663	4	7	0.02	15.49	56.85
745	11.459	6	9	0.04	22.71	83.35
746	10.345	4	6.5	0.02	13.6	49.92
747	10.186	3	7	0.02	14.21	52.14
748	13.369	3	9	0.03	30.41	111.59
749	14.642	5	8	0.06	32.17	118.08
750	11.3	6	8	0.04	19.7	72.31
751	14.324	3	5	0.03	19.44	71.36
752	12.414	4	7	0.03	20.64	75.76
753	10.663	6	9	0.04	19.82	72.74
754	13.051	5	7	0.04	22.69	83.27
755	23.873	10	14	0.29	141.67	519.92
756	21.645	13	16	0.31	134.14	492.29
757	21.327	12	17	0.28	138.47	508.2
758	26.42	11	16	0.39	196.25	720.23
759	22.918	10	15	0.27	140.33	515
760	22.6	8	12	0.21	109.54	402.02
761	14.324	7	10	0.07	38.44	141.09
762	22.282	9	13	0.23	115.41	423.56
763	21.008	8	12	0.18	95.31	349.8
764	10.504	4	8	0.02	17.16	62.99
765	12.096	7	11	0.05	30.65	112.47
766	10.186	5	8	0.03	16.19	59.43
767	10.345	4	7	0.02	14.63	53.69
768	10.823	3	6	0.02	13.69	50.26
769	20.372	8	11	0.17	82.48	302.69
770	14.642	5	7	0.06	28.21	103.54
771	15.279	7	10	0.08	43.45	159.47
772	13.369	6	9	0.06	30.41	111.59
773	10.186	7	9	0.04	18.18	66.71
774	10.823	6	8	0.04	18.16	66.64
775	10.504	6	9	0.03	19.27	70.7
776	15.279	8	10	0.1	43.45	159.47
777	12.732	5	9	0.04	27.72	101.74
778	15.915	7	11	0.09	51.58	189.3
779	14.324	9	12	0.09	46.01	168.86
780	13.051	7	10	0.06	32.22	118.26
781	10.504	6	9	0.03	19.27	70.7
782	15.597	6	9	0.08	40.73	149.47
783	30.558	9	12	0.43	194.78	714.86

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
1524	15.438	8	13	0.097	57.4	210.68
1525	29.189	10	13	0.435	193.21	709.08
1526	24.51	6	12	0.184	127.86	469.26
1527	17.061	9	13	0.134	69.42	254.78
1528	21.168	8	14	0.183	112.63	413.35
1529	14.738	6	11	0.067	44.57	163.59
1530	15.438	7	10	0.085	44.31	162.64
1531	18.462	8	13	0.139	80.67	296.04
1532	18.144	8	13	0.134	78.04	286.41
1533	14.006	8	12	0.08	44.09	161.81
1534	23.3	9	14	0.249	135.25	496.38
1535	17.412	8	12	0.124	66.67	244.69
1536	28.902	6	12	0.256	175.13	642.73
1537	21.963	7	14	0.172	120.84	443.48
1538	37.242	5	14	0.354	331.38	1216.18
1539	30.08	4	6	0.185	95.12	349.08
1540	12.732	5	5	0.041	15.56	57.12
1541	11.809	6	5	0.043	13.5	49.56
1542	10.823	5	5	0.03	11.46	42.04
1543	23.396	6	8	0.168	78.35	287.53
1544	14.324	4	8	0.042	30.86	113.26
1545	17.825	10	8	0.162	46.72	171.48
1546	20.053	4	10	0.082	72.85	267.35
1547	22.441	6	10	0.154	90.24	331.17
1548	17.348	5	8	0.077	44.38	162.86
1549	11.141	4	7	0.025	16.82	61.75
1550	12.828	5	7	0.042	21.96	80.6
1551	41.189	6	14	0.52	401.88	1474.9
1552	14.292	6	7	0.063	26.95	98.9
1553	18.207	6	8	0.102	48.64	178.52
1554	12.096	5	7	0.037	19.65	72.13
1555	18.303	4	7	0.068	43.07	158.06
1556	23.459	5	7	0.14	69.02	253.29
1557	36.606	6	8	0.41	183.93	675.03
1558	26.101	6	6	0.209	72.61	266.46
1559	17.189	5	10	0.075	54.34	199.44
1560	18.207	4	8	0.068	48.64	178.52
1561	15.533	5	7	0.062	31.55	115.8
1562	39.47	8	8	0.636	212.41	779.53
1563	16.966	4	16	0.059	84.33	309.5
1564	16.775	8	8	0.115	41.64	152.81
1565	27.725	3	7	0.118	94.85	348.1
1566	23.3	6	13	0.166	125.68	461.24
1567	33.486	6	13	0.343	251.2	921.91
1568	26.133	4	12	0.139	144.5	530.32
1569	39.311	6	10	0.473	263.05	965.4
1570	23.396	8	10	0.224	97.69	358.52
1571	38.675	5	10	0.382	254.96	935.72
1572	15.565	6	14	0.074	62.73	230.23
1573	18.557	6	12	0.105	75.27	276.22
1574	33.422	4	12	0.228	231.17	848.38
1575	25.942	8	7	0.275	83.58	306.73
1576	18.589	8	10	0.141	63.07	231.45
1577	35.014	8	10	0.501	210.83	773.75
1578	12.732	4	8	0.033	24.69	90.62
1579	14.515	4	10	0.043	39.42	144.68
1580	38.452	6	12	0.453	302.24	1109.21
1581	20.149	3	6	0.062	44.4	162.94
1582	57.296	6	12	1.006	648.95	2381.66
1583	35.651	7	14	0.454	304.81	1118.65
1584	46.473	7	14	0.772	506.45	1858.68
1585	44.436	7	14	0.706	464.76	1705.66
1586	17.825	6	10	0.097	58.23	213.71
1587	19.099	5	8	0.093	53.26	195.48
1588	25.178	6	10	0.194	112.36	412.36
1589	28.616	6	12	0.251	171.83	630.62

Nº ár	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/ár)	CO ₂ (Kg/ár)
###	23.237	10	15	0.276	144.07	528.73
2331	23.237	4	14	0.11	134.55	493.79
###	29.921	8	16	0.366	248.94	913.63
###	35.014	13	17	0.814	357.17	1310.83
###	28.33	10	16	0.41	224.25	822.98
2335	29.284	10	18	0.438	268.57	985.63
###	24.828	10	16	0.315	174.29	639.64
2337	23.873	5	15	0.145	151.69	556.71
###	16.234	10	12	0.135	58.36	214.18
###	15.279	5	12	0.06	52.01	190.88
###	13.369	6	10	0.055	33.73	123.79
2341	15.597	11	13	0.137	58.53	214.82
###	10.823	10	12	0.06	27.04	99.25
###	14.324	8	11	0.084	42.23	154.98
###	12.096	5	11	0.037	30.65	112.47
2345	24.191	6	13	0.179	135.01	495.47
###	11.777	10	12	0.071	31.74	116.49
2347	30.239	8	15	0.373	238.26	874.42
###	18.462	12	15	0.209	92.93	341.05
###	48.383	9	19	1.076	741.69	2722.02
2350	30.239	5	10	0.233	159.35	584.8
2351	23.873	8	12	0.233	121.6	446.29
2352	25.465	8	12	0.265	137.53	504.74
2353	22.918	8	15	0.215	140.33	515
2354	28.011	13	15	0.521	205.84	755.43
2355	28.966	11	14	0.471	204.93	752.1
2356	20.69	11	15	0.24	115.46	423.74
2357	23.555	5	9	0.142	89.17	327.24
2358	47.746	8	15	0.931	571.33	2096.77
2359	19.099	12	14	0.223	92.59	339.79
###	51.884	8	15	1.099	670.08	2459.19
2361	12.414	7	9	0.055	26.43	96.98
###	33.104	13	16	0.727	302.05	1108.53
###	17.825	5	11	0.081	63.98	234.79
###	28.011	6	12	0.24	164.97	605.42
2365	14.324	10	12	0.105	46.01	168.86
###	10.504	7	9	0.039	19.27	70.7
2367	34.696	8	18	0.492	371.51	1363.45
###	13.051	12	14	0.104	44.89	164.74
###	41.062	1.5	16	0.129	456.28	1674.53
2370	38.197	4	11	0.298	273.7	1004.49
2371	18.78	9	10	0.162	64.3	235.99
2372	16.87	9	11	0.131	57.62	211.46
2373	27.693	6	10	0.235	134.72	494.43
2374	21.963	8	11	0.197	95.18	349.31
2375	11.141	5	7	0.032	16.82	61.

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
784	17.189	7	10	0.11	54.34	199.44
785	11.777	5	8	0.04	21.31	78.19
786	12.732	7	9	0.06	27.72	101.74
787	23.237	4	10	0.11	96.43	353.89
788	17.825	6	9	0.1	52.48	192.6
789	29.921	8	12	0.37	187.11	686.68
790	11.618	5	8	0.03	20.76	76.2
791	30.558	8	7	0.38	114.17	419
792	13.687	3	6	0.03	21.34	78.32
793	10.504	3	5	0.02	10.83	39.74
794	12.732	3	4	0.03	12.51	45.9
795	24.191	6	7	0.18	73.17	268.54
796	15.597	5	7	0.06	31.8	116.7
797	11.459	4	8	0.03	20.23	74.24
798	13.051	5	8	0.04	25.87	94.95
799	14.324	3	7	0.03	27.06	99.32
800	37.879	9	12	0.66	293.68	1077.81
801	15.597	4	7	0.05	31.8	116.7
802	10.186	6	4	0.03	8.22	30.15
803	10.823	9	6	0.05	13.69	50.26
804	13.687	9	7	0.09	24.83	91.13
805	11.777	10	8	0.07	21.31	78.19
806	13.051	9	6	0.08	19.5	71.57

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
1590	46.823	6	11	0.672	404.15	1483.24
1591	11.491	4	7	0.027	17.84	65.46
1592	45.582	4	8	0.424	279.71	1026.52
1593	37.879	6	10	0.439	245.03	899.25
1594	17.507	5	10	0.078	56.27	206.51
1595	49.02	6	12	0.736	481.17	1765.88
1596	40.107	7	12	0.575	327.62	1202.38
1597	10.027	2	7	0.01	13.79	50.61
1598	23.237	4	7	0.11	67.78	248.74
1599	16.266	4	8	0.054	39.27	144.12
1600	21.645	4	5	0.096	42.5	155.96
1601	10.823	2	7	0.012	15.93	58.46
1602	20.722	4	5	0.088	39.12	143.58
1603	11.268	3	6	0.019	14.78	54.24
1604	14.833	3	8	0.034	32.97	121.01
1605	24.382	5	6	0.152	63.78	234.08
1606	11.937	3	5	0.022	13.78	50.57
1607	13.369	2	12	0.018	40.37	148.14
1608	38.197	6	10	0.447	248.98	913.76
1609	29.033	5	9	0.215	132.82	487.44
1610	24.605	7	10	0.216	107.54	394.67
1611	37.56	7	10	0.504	241.11	884.86
1612	13.783	3	6	0.029	21.62	79.35

N° árb	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	VC (m³)	Carb (kg/árb)	CO ₂ (Kg/árb)
###	14.642	5	8	0.055	32.17	118.08
2397	16.87	8	10	0.116	52.45	192.48
###	15.279	5	8	0.06	34.88	128
###	19.417	6	8	0.115	54.96	201.72
###	28.011	8	10	0.32	137.69	505.33
2401	24.446	8	10	0.244	106.22	389.81
###	16.234	6	8	0.081	39.13	143.59
###	20.69	8	12	0.175	92.58	339.78
###	12.096	9	14	0.067	38.86	142.62
2405	22.282	6	10	0.152	89.02	326.71
###	19.417	7	10	0.135	68.51	251.44
2407	20.69	7	10	0.153	77.31	283.73
###	12.096	10	13	0.075	36.13	132.58
###	14.642	10	13	0.109	51.91	190.52
2410	21.995	8	12	0.198	104.02	381.77
2411	24.032	7	13	0.206	133.32	489.27
2412	35.651	10	17	0.649	369.71	1356.85
2413	22.282	9	14	0.228	124.2	455.81
2414	24.191	10	14	0.299	145.29	533.23
2415	27.375	8	14	0.306	183.96	675.13
2416	27.693	7	11	0.274	148.07	543.41
2417	14.388	6.5	8	0.069	31.12	114.21
2418	22.6	8	12	0.209	109.54	402.02

DAP : Diámetro a la altura del pecho

HC : Altura comercial

HT : Altura total

VC : Volumen comercial

Anexo B: Panel fotográfico

Figura 19

Marcación de árboles en inventario



Figura 20

*Medición de la circunferencia en árboles de *C. alliodora**



Figura 21

Georreferenciación de árboles de C. alliodora

