

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



RELACIÓN ENTRE EL GRADIENTE ALTITUDINAL Y EL CARBONO
ALMACENADO DE LOS CAFETALES EN EL DISTRITO DE CHAGLLA, REGIÓN
HUÁNUCO

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

PABLO CAJAS LINO

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 110-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de octubre de 2024, a horas 10:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“RELACIÓN ENTRE EL GRADIENTE ALTITUDINAL Y EL CARBONO
ALMACENADO DE CAFETALES EN LA REGIÓN HUÁNUCO”**

Presentado por la Bachiller: **CAJAS LINO, PABLO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 14 de noviembre de 2024

Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
PRESIDENTE

Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
MIEMBRO



Ing. JAIME TORRES GARCIA
MIEMBRO

Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 351 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
RELACIÓN ENTRE EL GRADIENTE ALTITUDINAL Y EL CARBONO ALMACENADO DE LOS CAFETALES EN EL DISTRITO DE CHAGLLA, REGIÓN HUÁNUCO	PABLO CAJAS LINO	16 % Dieciséis

Tingo María, 05 de diciembre de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y

AGUA



TESIS

- Título** : Relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco
- Programa de investigación** : Ciencias básicas
- Línea de investigación** : Física y química de suelos
- Eje temático** : Almacenamiento de carbono en ecosistemas
- Autor** : Pablo Cajas Lino
- Asesor(es)** : José D. Lévano Crisóstomo
- Lugar de ejecución** : Caserío: Santa Rita Alta, distrito de Chaglla
- Duración del trabajo** : seis meses
- Financiamiento** : S/ 3 909,95
- FEDU** : No
- Propio** : Si
- Otros** : No

Tingo María – Perú

Octubre, 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres: Rosbel Juan Cajas Cotrina y Gumerinda Lino Espinoza, porque ellos son la motivación de mi vida, mi orgullo de ser lo que seré, por darme su apoyo incondicional desde que llegue a sus vidas. Por seguir acompañándome en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

A mi querido Tío: Rolin Cajas Cotrina, por ser la persona más incondicional que existe en mi vida, por brindarme muchos consejos desde que tengo uso de razón y por el inmenso apoyo que me brindó durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mi fe y devoción, por la fortaleza física y mental que me brinda en mi día a día para guiarme por un buen camino en mi formación profesional, desde los cielos, Dios nos protege y ayuda a que cada día sea especial, único y sobre todo lleno de bendiciones.

A mi madre y mi padre por los conocimientos y valores impartidos desde mi niñez, por el esfuerzo, dedicación y el aliento brindado para cumplir mis metas.

A Liz Margoth Huamán Rengifo, se agradece ya que has sido mi apoyo incondicionalmente en este recorrido de mi vida. Gracias por creer en mí, por escucharme, por ayudarme y por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre y de cansancio.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por la enseñanza que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Dr. Lévano Crisóstomo José por el apoyo desinteresado como asesor del presente trabajo de investigación.

A los miembros de jurado calificador del trabajo de investigación Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, Ing. Jaime Torres García y Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Gradiente altitudinal	3
2.1.2. Almacenamiento de carbono	3
2.1.3. El café	4
2.2. Estado del arte.....	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Lugar de ejecución.....	11
3.1.1. Ubicación geográfica y política	11
3.1.2. Clima.....	11
3.1.3. Zona de vida.....	11
3.1.4. Fisiografía	12
3.1.5. Acceso.....	12
3.2. Material y equipos	12
3.2.1. Materiales.....	12
3.2.2. Herramientas	12
3.2.3. Equipos	12
3.3. Criterios de investigación	12
3.3.1. Tipo de investigación.....	12
3.3.2. Nivel de investigación	12
3.3.3. Variables de investigación	12
3.3.4. Operacionalización de variables	13
3.3.5. Diseño	13
3.3.6. Población	13
3.4. Metodología.....	13
3.4.1. Descripción de las características de los cafetales distribuidos por una gradiente altitudinal en el distrito de Chaglla	13

3.4.2.	Determinación del carbono almacenado en el suelo de los cafetales en el distrito de Chaglla	14
3.4.3.	Determinación del carbono almacenado aéreo de los cafetales en el distrito de Chaglla	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1.	Descripción de las características de los cafetales distribuidos por una gradiente altitudinal en el distrito de Chaglla	18
4.1.1.	Descriptivos para el diámetro del tallo de <i>C. arabica</i>	18
4.1.2.	Descriptivos para la biomasa de <i>C. arabica</i>	20
4.1.3.	Clase textural de los suelos de las plantaciones de <i>C. arabica</i>	23
4.1.4.	Propiedades químicas de los suelos de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal	24
4.2.	Determinación del carbono almacenado en el suelo de los cafetales en el distrito de Chaglla.....	26
4.3.	Determinación del carbono almacenado aéreo de los cafetales en el distrito de Chaglla.....	29
4.4.	Determinación de la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco	32
V.	CONCLUSIONES	35
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	36
VII.	REFERENCIAS.....	37
	ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ubicación geográfica y características de los predios a evaluar.	11
2. Operacionalización de variables.....	13
3. Estadísticos descriptivos para el diámetro del tallo de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	19
4. Estadísticos descriptivos para la biomasa de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.....	21
5. Clase textural de los suelos de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	23
6. Propiedades químicas de los suelos de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	25
7. Carbono almacenado en el suelo de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	27
8. Carbono almacenado en la parte aérea de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	30
9. Relación entre el carbono almacenado con la gradiente altitudinal en plantaciones de <i>C. arabica</i>	34
10. Matriz de datos del diámetro y la biomasa estimada del café en las cinco parcelas.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Esquema de la forma y tamaño de las parcelas establecidas en las plantaciones de <i>C. arabica</i>	14
2.	Diámetro del tallo de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.	20
3.	Biomasa de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.....	22
4.	Proporción del carbono almacenado en el suelo de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal	28
5.	Distribución del carbono almacenado en la parte aérea de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.....	31
6.	Proporción del carbono almacenado en la parte aérea y edáfica de las plantaciones de <i>C. arabica</i> distribuidos en una gradiente altitudinal.....	32
7.	Ubicación de las parcelas con <i>C. arabica</i> donde se desarrolló el estudio.....	75
8.	Reporte del análisis de los suelos de cada parcela en estudio.	76

RESUMEN

El estudio consideró como objetivo determinar la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco. Se consideró muestrear cinco parcelas con *C. arabica* variedad Catimor definidos por las gradientes altitudinales de 1162, 1239, 1295, 1320 y 1441 msnm que se encontraban en el caserío Santa Rita Alta del distrito de Chaglla en la provincia Pachitea del departamento de Huánuco; se delimitó parcelas circulares superpuestas con diferentes dimensiones en donde se procedió a medir las dimensiones del diámetro basal de *C. arabica*, el diámetro a la altura del pecho de los árboles y también hubo muestreo de las herbáceas, hojarasca y árboles muertos caídos. Las biomásas fueron determinadas mediante modelos alométricos y para conocer el carbono almacenado se utilizó la constante 0,5. El análisis de las plantas de *C. arabica* muestra variaciones en el diámetro del tallo, la biomasa y carbono almacenado, influenciados posiblemente por el manejo agrícola y las condiciones del suelo. El suelo es el principal reservorio de carbono (45,64 t/ha), destacando la importancia de la gestión sostenible para optimizar el secuestro de carbono y mejorar la salud del ecosistema. A medida que aumenta la altitud, la capacidad de almacenamiento de carbono es limitada (de 69,13 hasta 41,39 t/ha), lo que enfatiza la necesidad de prácticas de manejo adecuadas para garantizar la sostenibilidad del cultivo. Se concluye que, la gradiente altitudinal está relacionada de manera inversa con el carbono almacenado en los sistemas de cultivo de *C. arabica*.

Palabras clave: Biomasa, *Coffea arabica*, correlación, hojarasca, variabilidad.

ABSTRACT

The objective that was considered for the study was to determine the relationship between the altitudinal gradient and the stored carbon on the coffee farms in the Chaglla district of the Huánuco region [in Peru]. Five plots with the Catimor variety of *C. arabica* were sampled; they were defined by their altitudinal gradients 1162, 1239, 1295, 1320, and 1441 masl, which were found on the Santa Rita homestead in the Chaglla district of the Pachietta province in the Huánuco department. Overlapping circular plots were defined with different dimensions where the measurements of the base diameter and the diameter at breast height of the trees were taken for the *C. arabica*; sampling of the bushes, leaf litter and dead fallen trees were also taken. The biomass was determined using the allometric models and to understand the store carbon the 0.5 constant was used. The analysis of the *C. arabica* plants showed variations in the stalk diameter, the biomass and the stored carbon that were possibly influenced by the agricultural handling and the soil conditions. The soil was the principal reservoir of carbon (45.64 t/ac), highlighting the importance of the sustainable management for optimizing the carbon capture and improving the health of the ecosystem. To the measure in which the altitude increased, the capacity to store carbon was limited (from 69.13 to 41.39 t/ac), which emphasizes the need for adequate handling practices in order to guarantee the sustainability of the crop. It was concluded that the altitudinal gradient was related to the stored carbon in the systems of the *C. arabica* crops in an inverse manner.

Keywords: biomass, *Coffea arabica*, correlation, leaf litter, variability

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional compromete de alguna manera y en diferentes grados a los recursos naturales existentes en el planeta Tierra, esto acontecen por la necesidad de alimentarse las personas, así como el grado de respecto que uno tiene hacia la naturaleza. La Amazonía peruana se caracteriza por presentar diversidad de especies vegetales que cubren la superficie del suelo, equilibrándose su dinámica a través de lazos que fueron modificándose a través del tiempo.

Los cambios de uso de los suelos generan gases de efecto invernadero (GEI) que son los componentes gaseosos en la atmósfera que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja. Estos gases desempeñan un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio térmico de la Tierra al atrapar parte de la energía solar y evitar que se disipe en el espacio. Sin embargo, en concentraciones elevadas, los gases de efecto invernadero contribuyen al calentamiento global y al cambio climático.

Los ecosistemas cafeteros proveen diversos servicios ecosistémicos que han sido evaluados por varios autores (González y Serna, 2018; Arango et al., 2020), algunos de ellos como la captura de carbono (Espinoza et al., 2012), la regulación hídrica (Jaramillo et al., 2011) y aquellos derivados de la biodiversidad (Botero et al., 2014), conservación de suelos, provisión de alimentos, disponibilidad de nutrientes, regulación del clima, control de la erosión entre otros (Arango et al., 2020).

Los diversos sistemas de producción en el Perú, así como en sus regiones vienen cumpliendo funciones de captura y almacenamiento de carbono, pero como en muchos lugares los sistemas de café no presentan la estimación del carbono almacenado y si posee algún vínculo con la ubicación de las parcelas en distintos niveles altitudinales, generando la siguiente interrogante ¿Cuál será la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco?

Conocer la cantidad de carbono almacenado en sistemas agroforestales donde se tiene al café como componente agrícola es esencial para abordar desafíos ambientales, promover la sostenibilidad y contribuir a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático, más aún si es que hay algún vínculo con la gradiente altitudinal donde se encuentra ubicado la plantación.

La información generada sobre la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales favorecerá para seguir realizando estudios por parte de tesis e

investigadores en temas como la mitigación del cambio climático, sostenibilidad ambiental, gestión sostenible de recursos, adaptación al cambio climático, incentivos económicos, promoción de prácticas sostenibles así como la educación y conciencia ambiental de acuerdo a la ubicación específica de las plantaciones de café.

La gradiente altitudinal se relaciona de manera inversa con el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco. Ante lo expresado, se planteó como objetivos los siguientes:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco.

1.1.2. Objetivos específicos

- Describir las características de los cafetales distribuidos por una gradiente altitudinal en el distrito de Chaglla.
- Determinar el carbono almacenado en el suelo de los cafetales en el distrito de Chaglla.
- Determinar el carbono almacenado aéreo de los cafetales en el distrito de Chaglla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Gradiente altitudinal

Los gradientes altitudinales influyen en las condiciones climáticas, en las propiedades y en la biología del suelo, en la estructura poblacional y en la fisiología de las especies. Además, actúan como filtros, causando heterogeneidad ambiental, interactuando con los procesos ecológicos, biogeográficos y evolutivos en escala local y temporal (Asner et al., 2017).

El suministro de nutrientes, el gradiente altitudinal y el clima regulan los procesos fisiológicos de las especies de los bosques tropicales (Bahar et al., 2017). Los suelos de los bosques tropicales presentan grandes entradas de nutrientes atmosféricos y poco se sabe sobre el aumento de estos nutrientes en gradiente altitudinal (Baldos et al., 2015). Falta comprender la variación del almacenamiento del carbono orgánico en la biomasa del bosque tropical, en la materia orgánica y carbono total del suelo (De la Cruz-Amo et al., 2020); igualmente, poco se sabe sobre la distribución de especies forestales a lo largo del gradiente altitudinal y las condiciones climáticas (Murga-Orrillo et al., 2021).

2.1.2. Almacenamiento de carbono

Los servicios ecosistémicos de regulación son aquellos que permiten el desarrollo de las funciones claves del ecosistema, tales como: mantener el clima local, la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono (FAO, 2020).

La captura de carbono es uno de los beneficios directos de la fertilización orgánica, pero el uso de fertilizantes orgánicos también tiene un beneficio indirecto en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEE). Por ejemplo, gran parte de los fertilizantes químicos utilizados en la producción agrícola son importados de otros países e implican el uso de combustibles fósiles tanto en el proceso de producción como en el transporte hasta la propiedad (Cardoso et al., 2018). En cambio, los fertilizantes orgánicos se producen muchas veces en la misma propiedad o en propiedades cercanas a través de residuos de la cría de animales y de cultivos de cobertura. Por lo tanto, utilizan menos combustibles fósiles y contribuyen menos a la emisión de CO₂ a la atmósfera (Gomes y Cardoso, 2021).

2.1.2.1. Carbono en sistemas agroforestales

El cambio de uso de suelos acarrea diversas alteraciones, con fines de aclarar esta percepción, se toma como ejemplo a la Cuenca Hidrográfica del Río

Dourado, de los 22 240 ha de la zona, el 57,8% tiene cobertura forestal (bosques primarios y secundarios y sistemas integrados) y el 42,2% no tiene cobertura forestal (pastizales, cultivos y otros usos), el carbono que almacena en los compartimentos de biomasa viva sobre el suelo, biomasa viva bajo el suelo, biomasa muerta y en la capa de 0,30 cm del suelo para las diferentes clases de uso y cobertura de tierra se estiman en 3 328 363 Mg de carbono en la cuenca, de los cuales el 86,44% se encuentra en áreas con cobertura forestal y el 13,56% en áreas sin cobertura forestal; este resultado demuestra el efecto de los cambios en el uso y cobertura de la tierra en el almacenamiento de carbono y los posibles impactos en los servicios ecosistémicos, y pueden ayudar a los tomadores de decisiones (propietarios rurales, técnicos de asistencia rural y gobernantes) a comprender la necesidad de establecer sistemas de producción sostenibles y políticas públicas para la conservación de los remanentes forestales y la mitigación del cambio climático (Grando et al., 2022).

El sector agrícola está señalado como una importante fuente emisora de gases de efecto invernadero (GEI), pero puede comportarse como el drenaje atmosférico de CO₂ con el proceso de fotosíntesis, dependiendo del manejo y las prácticas agrícolas aplicadas al suelo (Stout et al., 2016).

Los cafetales, entre otros segmentos económicos, también son responsables de las emisiones de GEI (Honório, 2013).

Los sistemas agroforestales (SAF) también pueden contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro y almacenamiento de carbono (Soto-Pinto et al., 2010). Según Villa et al. (2020) los SAF son los sistemas alimentarios sostenibles más importantes del mundo, y permiten la integración de árboles y otros cultivos. Esta diversificación de la producción permite obtener mayores beneficios sociales, económicos y ambientales (Asase & Tetteh, 2015). Entre los principales beneficios que prestan los SAF se incluyen la recuperación, conservación y mejora de la biodiversidad, el aumento de las reservas de carbono, la fijación biológica de nitrógeno y el ciclaje de nutrientes, la disminución de la erosión y el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Villa et al., 2020).

En consecuencia, los SAF son soluciones potenciales para los esfuerzos que articulan la conservación de la biodiversidad y el incremento de la productividad agrícola (Wartenberg et al., 2017), ya que pueden ser más rentables y productivos que las prácticas de monocultivo convencionales (Villa et al., 2020).

2.1.3. El café

Los sistemas de producción de café asociados a árboles de sombrero, además de abrigar amplia diversidad de especies animales y vegetales, permiten incrementar

la cantidad de carbono que capturan y retienen en el sistema tanto en la vegetación como en el suelo, lo que convierte a los sistemas agroforestales en una alternativa de mitigación al cambio climático global (Aguirre-Cadena et al., 2016). La variabilidad de esta capacidad de almacenar carbono es dependiente de la arquitectura de las plantas ya que estas responden a condiciones edáficas, ambientales y de las actividades humanas como la buena labor agronómica asignada al cafeto (Flores et al., 2013).

Uno de los sistemas que contribuye a la dinámica del carbono y el nitrógeno es el que aplica técnicas agroforestales, como el sistema agroforestal con café, el cual ha almacenado entre 100 y 170 Mg C/ha (Masuhara et al., 2015).

La protección del suelo mediante el uso de plantas de cobertura es una práctica que aumenta la captura de carbono y constituye una excelente alternativa para mitigar los impactos de intensas precipitaciones que provocan la pérdida de suelo. Por ejemplo, en el manejo del café, los agricultores familiares gestionan la vegetación espontánea presente entre las líneas de café. Estas áreas se cortan periódicamente y el material cortado se agrega a la superficie del suelo, contribuyendo a su cobertura y aportando materia orgánica. Este manejo también evita posibles competiciones por agua, nutrientes y energía solar (Gomes y Cardoso, 2021).

Por otro lado, los sistemas agroforestales combinan las producciones agrícolas, vegetales y/o animales con especies arbóreas. Estos sistemas tienen la capacidad de capturar más carbono en comparación con los sistemas agrícolas de monocultivo. Algunos autores (Oliveira, 2013) han identificado que los árboles en sistemas agroforestales de café contribuyen con 18,60 toneladas por hectárea en los almacenes de carbono de la biomasa vegetal. Además, la aportación de material vegetal por parte de las especies arbóreas contribuye al suministro de nutrientes, incluido el carbono, al suelo (Duarte et al., 2013). La mayor contribución de carbono, al ser incorporada, podría aumentar esta reserva de materia orgánica del suelo. Los árboles en sistemas agroforestales también proporcionan sombra al suelo, y esto se ha correlacionado con menores picos de emisión de CO₂ del suelo (Gomes et al., 2016), por lo tanto, pueden contribuir a la disminución de las emisiones de CO₂ a la atmósfera (Gomes y Cardoso, 2021).

En Tlapacoyan los agricultores suelen establecer sus plantaciones en suelos Franco arcillo limoso y Franco arcilloso (Márquez et al., 2022). El valor óptimo de pH del suelo para el café es de 5,0 y 5,5 (Sadeghian, 2016), además, las propiedades químicas suelen ser variables en las distintas estaciones del año y entre agroecosistemas cafetaleros (Márquez et al., 2022).

Respecto a la capacidad de almacenar carbono, en los sistemas con café se tiene mayor valor aportado por los suelos, seguido en el caso de presentar árboles de sombra y las plantas de café; un sistema de café suele almacenar en la parte aérea desde los 16,19 a 43,70 tC/ha, siendo cambiante dicho valor debido al arreglo con árboles de servicio, maderables, frutales o musáceas. Además, la tasa de fijar también es dependiente de la especie de árbol y suele encontrarse desde 0,67 hasta los 3,3 tC/ha (Ovalle, 2016).

2.2. Estado del arte

Los sistemas agroforestales (SAF) de café tienen un gran potencial para capturar carbono debido a la diversidad de especies leñosas utilizadas como sombra. Valdés-Velarde et al. (2022) evaluaron la captura de carbono en la biomasa aérea, mantillo y suelo a diferentes profundidades en cinco SAF en Huatusco, Veracruz, México, comparándolos con un bosque mesófilo de montaña y un potrero. El SAF con mayor contenido de carbono en biomasa aérea fue 05.ESP-MZ con 373,75 t/ha, seguido de 07.ESP-CH con 231,88 t/ha. En cuanto al carbono orgánico total, el sistema 05.ESP-MZ registró el valor más alto (477,54 t/ha). La implementación y conservación de estos sistemas es clave para mitigar los efectos negativos ambientales, como las emisiones de CO₂, la compactación del suelo y la pérdida de biodiversidad, ofreciendo una alternativa sustentable frente a otros métodos de producción que degradan los ecosistemas.

El cambio climático puede alterar las reservas de carbono (C) en sistemas agroforestales con café. Ruiz-García et al. (2022) utilizaron el modelo CO2Fix para simular las reservas de C en la biomasa aérea y suelo en una proyección de cincuenta años bajo una línea base y escenarios de cambio climático en sistemas agroforestales con café en Chocamán, Veracruz, México. En 2020, se estableció la línea base de C total en 25 parcelas de café orgánico, clasificadas en tres diseños: 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). Los resultados mostraron reservas de C total de 124,59, 107,43 y 102,32 t/ha para D₁, D₂ y D₃, respectivamente. Bajo escenarios de cambio climático, se observaron reducciones entre 0,77 y 8,75 t/ha, sin diferencias estadísticamente significativas entre los diseños. La cohorte de árboles fue la principal fuente de almacenaje de carbono. El estudio concluyó que las reservas de C total se mantuvieron estables en el tiempo, confirmando la utilidad del modelo CO2Fix para este tipo de proyecciones.

Zavala et al. (2018) determinaron la cantidad de biomasa y su contenido de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) en el cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de la Facultad de Agronomía, en la Divisoria; y

estimar la captura de carbono en los componentes en cada Sistema de Uso de la Tierra, y el almacenamiento del carbono en un suelo Inceptisols. El trabajo se realizó en 2 etapas, en la primera fase de campo, se trazaron 3 transectos en el cafetal de 5 hectáreas para luego realizar las evaluaciones correspondientes; y en la otra fase de laboratorio se realizaron algunos procesos de determinación de carbono. La biomasa aérea en árboles vivos fue $148,10 \text{ t.ha}^{-1}$, la biomasa del café fue de $51,39 \text{ t.ha}^{-1}$, la biomasa de hojarasca $12,49 \text{ t.ha}^{-1}$ y la biomasa arbustiva fue de $7,45 \text{ t.ha}^{-1}$ haciendo una biomasa total en el SAF con café de $219,43 \text{ t.ha}^{-1}$. Asimismo, el carbono almacenado en la biomasa en los arbustos fue de $0,95 \text{ t C.ha}^{-1}$; en las hojarascas de $1,90 \text{ t C.ha}^{-1}$, en el café $8,42 \text{ t C.ha}^{-1}$, en el componente arbóreo $25,17 \text{ t C ha}^{-1}$ y en el suelo $148,24 \text{ t C.ha}^{-1}$, con un total de carbono almacenado en el SAF con café de $184,68 \text{ t C.ha}^{-1}$. La mayor captura de carbono total almacenado se dio en el ecosistema terrestre (suelo) con $148,24 \text{ t C.ha}^{-1}$ y la menor captura fue el componente arbustivo con $0,95 \text{ t C.ha}^{-1}$. La edad del cultivo de café es un factor que influye en el secuestro y almacenamiento de carbono, siendo necesario determinar la curva de mayor almacenamiento de dióxido de carbono.

Jurado et al. (2020) estimaron el carbono almacenado en la biomasa aérea y bajo el suelo en cuatro sistemas productivos de café de cuatro años de edad, en el ecotopo 221A, municipio de Consacá, Nariño; bajo un diseño de bloques completos al azar. Los bloques corresponden a tres rangos altitudinales: I (>1800), II ($1800-1600$) y III (<1600 msnm); y los tratamientos a: café a libre exposición (T_1), café-limón (T_2), café-guamo (T_3) y café-carbonero (T_4). Para determinar el carbono almacenado se emplearon ecuaciones alométricas de cada especie; los resultados evidenciaron alto almacenamiento de carbono en el rango >1800 msnm ($109,81 \text{ t/ha}$) y bajo en el rango <1600 msnm ($42,39 \text{ t/ha}$); por otra parte, los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas en los sistemas, sin embargo, se cuantificó el mayor almacenamiento de carbono en T_4 ($74,82 \text{ t/ha}$) y el valor más bajo en T_3 ($56,56 \text{ t/ha}$). Lo anterior, indica que la captura de carbono es mayor en sistemas de café asociados con especies leñosas en alturas superiores a 1800 msnm.

Hernández-Núñez et al. (2021) estimaron el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, necromasa y carbono orgánico del suelo bajo SAF con cacao (SAF cacao), SAF con café (café SAF), sistemas silvopastoriles (SSP) y bosque en el municipio de Mesetas, Meta (Colombia). Se establecieron 44 parcelas de muestreo, en donde se tomaron medidas dasométricas a individuos con un diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) $\geq 2,5$ cm (latizales, fustales y fustales grandes), cuyos valores fueron transformados a carbono con modelos de biomasa y una fracción de carbono default. En los tres sistemas

agropecuarios, se contó el número de árboles de cacao, café, plantas asociadas y se identificó el tipo de uso (maderable, alimento, combustión). Encontraron que, el almacenamiento de carbono presentó diferencias significativas ($P < 0,0001$) entre usos del suelo. La mayor acumulación se encontró en bosque, con $216,6 \text{ t C ha}^{-1}$, superando en 59, 72 y 73 % a SAF cacao ($88,6 \text{ C ha}^{-1}$), SSP ($60,0 \text{ C ha}^{-1}$) y SAF café ($57,8 \text{ C ha}^{-1}$), respectivamente. Fabaceae, Lauraceae y Primulaceae presentaron el mayor almacenamiento de carbono. En SAF cacao, la mayor acumulación de carbono fue encontrada en especies para alimento humano; en SAF café y SSP, el mayor almacenamiento fue presentado en las especies maderables. Concluyeron que, estos resultados resaltan el potencial de almacenamiento de carbono en los sistemas productivos de mayor importancia en el departamento del Meta, lo cual es importante para el diseño de estrategias que permitan integrar acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y promover la economía campesina local.

En Ecuador, Salas et al. (2020) determinaron el carbono almacenado en la biomasa aérea viva y en el suelo en un área de bosque seco en la parroquia Joa del cantón Jipijapa. Establecieron 24 parcelas circulares de 500 m^2 ubicadas aleatoriamente y distribuidos en tres pisos altitudinales (200 a 250, 251 a 300 y mayo a 300 msnm). Se realizó identificación y medición de las especies de plantas con diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 5 cm, luego se empleó una ecuación alométrica con la que se estimó la biomasa aérea viva y el carbono almacenado; el carbono del suelo fue estimado del carbono orgánico y la densidad aparente. Como resultado, la altitud no influyó en el carbono aérea viva almacenado ni en los suelos. El 87,9% del carbono almacenado en la biomasa aérea viva lo contienen tres especies: *Ceiba trischistandra*, *Eriotheca ruizii*, *Bursera graveolens*. El stock de carbono del bosque de Joa, Jipijapa se encuentra entre $105,02$ y $112,32 \text{ Mg C ha}^{-1}$, por lo tanto, se considera que este tipo de bosque representa una opción para contrarrestar el aumento de CO_2 atmosférico, siendo este un justificativo importante para su conservación, más aún cuando el bosque se encuentra bajo procesos dinámicos de crecimiento.

Mogollón et al. (2015) evaluaron los cambios en las reservas de COS en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. Seleccionaron 5 puntos de muestreo a diferentes altitudes. En cada punto, se tomaron tres muestras de suelo y se determinaron las variables carbono total del suelo, densidad aparente, fracciones granulométricas, conductividad eléctrica y pH. Los resultados mostraron que las reservas de COS fueron mayores en el sitio de mayor altitud (400 msnm) con un valor de $101,5 \text{ t/ha}$, mientras que en el sitio más bajo (1 msnm) las reservas de carbono fueron de $7,8 \text{ t/ha}$. Las reservas de COS correlacionaron positivamente con la precipitación media anual y

negativamente con la temperatura media anual. Las variaciones en el COS fueron relacionadas principalmente a la disminución de la temperatura y al incremento de la precipitación con la altitud. La vegetación también es importante en las reservas de carbono, encontrándose los mayores valores en los suelos bajo vegetación boscosa ubicada en el Monumento Natural Cerro Santa Ana.

Murga-Orrillo et al. (2021) identificaron las variaciones edafoclimáticas en gradientes altitudinales y su influencia en los bosques tropicales. Se buscaron artículos de investigación con ámbito geográfico entre 27° N y 27° S de latitud, con influencia de gradientes altitudinales entre 0 m y 5000 m. Se sistematizó la información, organizándose en temáticas del clima, en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, y en el comportamiento de las especies forestales. Se determinó que la temperatura media anual (TMA) disminuye conforme aumenta la altitud; y la precipitación anual (PA) presenta máximos pluviales en altitudes medias. Los valores del pH del suelo disminuyen hasta 3000 m, aumentando sobre esta altitud; sin embargo, la materia orgánica, carbono orgánico, carbono total (CT), nitrógeno total (NT) y la relación C/N del suelo aumentan hasta 3000 m; sobre esta altitud los valores disminuyen. El potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el fierro (Fe), y el aluminio (Al) del suelo disminuyen con el aumento de la altitud por influencia de las bajas temperaturas y humedad del suelo (HS). La variación edafoclimática en los gradientes altitudinales interactúa con las especies forestales, afectando las respuestas fisiológicas, disminuyendo su crecimiento y altura con el aumento de la altitud; del mismo modo disminuye su densidad y diversidad con el aumento de la altitud. Las especies forestales de los trópicos prosperan en amplios o estrechos límites altitudinales y edafoclimáticos, por lo que identificar estos límites es fundamental no solo en términos ecológicos, sino también políticos y económicos, para diseñar políticas efectivas de uso de la tierra y de conservación.

Garrido (2016) analizó el almacenamiento de carbono al tipo cobertura (Bosque, Cacao y Pasto) y gradiente altitudinal en la provincia de Leoncio Prado. El estudio se desarrolló con la estratificación del área, teniendo en cuenta 2 gradientes altitudinales 690 - 730 msnm y 980 -1100 msnm, en cada gradiente se estableció tres parcelas de 20 x 50 m, la misma que fue dividida en dos sub parcelas de 25 x 10 m para el muestreo de carbono orgánico del suelo, raíces y densidad aparente y a profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, y una parcela de 50 x 10 para el muestreo de hojarasca. Seguidamente se determinó su correlación mediante el método de Pearson y su valoración teniendo en cuenta al PCF. El procesamiento de datos permitió determinar en los tres componentes estudiados siendo carbono orgánico del suelo raíces y hojarasca por tipo de cobertura (bosque, cacao y pasto), (1555,80 t/ha, 646,11

t/ha y 133,04 t/ha); (1631,52 t/ha, 907,36 t/ha y 274,60 t/ha) respectivamente siendo la mayor cantidad de carbono almacenado se dio en el Bosque, 1555,80 t/ha, 1631,52 t/ha y el menor en el Pasto 133,04 t/ha, 274,60 t/ha, su correlación con la altitud (parcela 1 y 2) es -0,14 y su valoración total de las 2 parcelas (9339,8; 11254,72 dólares americanos). Llegando a la conclusión que el Bosque es el que más carbono almaceno con respecto a las demás coberturas, su correlación es inversa negativa muy baja respecto a la altitud, y por último la mayor valoración se dio en la parcela 2.

Schmidt et al. (2013). El estudio de investigación tuvo la finalidad de evaluar el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo en el Sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha. Se realizó en el área de la Reserva Comunal Yánesha, en el departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, distrito de Palcazú, el Área Natural Protegida tiene una superficie total de 34,744.70 ha; ubicado en la formación vegetal de bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PT), con una zona transicional bosque muy húmedo Premontano Tropical. Estableciendo cuatro (04) fases fundamentales, y un análisis de correlación de Pearson, obteniéndose como resultados la presencia de mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, con 120.2853 t/ha y 80.0102 t/ha, entre las gradientes altitudinal 1 (300- 560 msnm) y gradiente altitudinal 5 (1340-1600 msnm) respectivamente; así mismo, el mayor contenido de carbono almacenado en hojarascas se encontró entre la gradiente altitudinal 2 (560-820 msnm), con 2.8920 t/ha; y la mayor cantidad de carbono almacenado en raíces se presenta en la gradiente altitudinal 2 (560-820 msnm), con 25.9375 t/ha.

La acumulación de carbono en plantaciones de café contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero y al combate del cambio climático. Sin embargo, en la Sierra de Chiapas falta información precisa sobre la captura de carbono en los cafetales. Marroquín et al. (2024) buscaron cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea de café en dos altitudes (1200 m y 1500 m) y determinar la concentración de carbono (CC) y nitrógeno en las plantas. La biomasa se estimó mediante una ecuación alométrica y la CC se midió utilizando el analizador elemental Thermo Scientific Flash 2000 NC Soils Analyzer. Los resultados mostraron que a 1200 msnm se almacenaron 10,72 tC/ha, mientras que a 1500 msnm se almacenaron 4,74 tC/ha, lo que sugiere que la altitud influye en la captura de carbono. A menor altitud, mayor es la cantidad de carbono almacenado en las plantas de café, destacando la importancia de este factor en la mitigación del cambio climático.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación geográfica y política

La tesis se ejecutó en predios particulares que presentaban cafetales como cultivo, siendo ubicados políticamente en el caserío Santa Rita Alta del distrito de Chaglla en la provincia Pachitea del departamento de Huánuco. Geográficamente como referencia se ubica en las coordenadas UTM 401 280,25 m este y 8 942 125,92 m norte, mientras que su altitud es de 1212 msnm (Tacuche, 2020). Entre las características de los predios evaluados (**Tabla 1**) se citan los siguientes:

Tabla 1. Ubicación geográfica y características de los predios a evaluar.

Propietario	Cultivo	Altitud (msnm)	Este	Norte	Área (ha)
Samuel Gómez Trujillo	Café Catimor	1162	401 173	8 942 413	1,5
Rosbel Juan Cajas Cotrina	Café Catimor	1239	401 418	8 942 461	2,6
Melchor Valentín Tafur	Café Catimor	1295	401 677	8 943 043	2,0
Peter Pablo Cajas Cotrina	Café Catimor	1320	401 798	8 943 744	2,0
Valentín Álvarez García	Café Catimor	1441	401 798	8 943 744	3,0

3.1.2. Clima

Debido a que hay tres estaciones más cercanas a las parcelas en estudio como son la estación Chaglla, la estación Carpish y la estación Tingo María (Hamek, 2022), se consideró citar los reportes de la última estación debido a que lo demás avalan reportes de clima para altitudes superior a los 2000 m s.n.m. La precipitación anual promedio de 3 428,8 mm, produciéndose mayores lluvias entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo en el mes de enero con un promedio mensual de 483,6 mm; una humedad relativa de 87%, temperatura máxima de 29,4 °C, mínima de 19,2 °C, y media anual representada por un 24,3 °C (SENAMHI, 2022).

3.1.3. Zona de vida

Debido a las características de la zona, el Gobierno Regional de Huánuco (GOREHCO, 2016) indica que el área pertenece al Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical (bmh – PMT), esta zona de vida se encuentra a una altitud entre 500 a 2000 m s.n.m., y subiotemperatura media anual se encuentra entre 18,0 a 24,0 °C. Sus regímenes de

precipitación presentan una mayor variabilidad y se encuentran entre 1 500 a 3 500 mm de lluvia acumulada anual. Además, abarca un área 49 711,12 ha de la superficie total de la provincia Pachitea.

3.1.4. Fisiografía

El relieve en el terreno del caserío Santa Rita Alta es de topografía relativamente con pendientes pronunciadas (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018).

3.1.5. Acceso

Se viaja en dos etapas, la primera es la ruta Lima – Huánuco, que son 8 horas de viaje. Segundo tramo Huánuco – Cayumba, y tercer tramo Cayumba - Santa Rita, el tiempo de viaje hasta este lugar es 2 horas por una carretera afirmada (MVCS, 2018).

3.2. Material y equipos

3.2.1. Materiales

Wincha de 50 m, cinta métrica, cuadrante de 1,0 m y cuadrante de 0,3 m.

3.2.2. Herramientas

Machete, pala recta, tubo muestreador de suelos.

3.2.3. Equipos

Se consideró el uso del GPS, cámara fotográfica, computador portátil e impresora.

3.3. Criterios de investigación

3.3.1. Tipo de investigación

Corresponde a una investigación de tipo básica (Ñaupas et al., 2014), debido a que los resultados que se obtuvieron luego de salir a campo, tienen como finalidad servir para la investigación aplicada o tecnológica.

3.3.2. Nivel de investigación

Debido a que la investigación planteó buscar la relación entre dos variables, independientes de la naturaleza de las mismas, y no se pretendió demostrar relaciones de causalidad, sino solamente se buscó descubrir solamente la relación misma, razón por la cual se consideró como un estudio de nivel relacional (Supo y Zacarías, 2020).

3.3.3. Variables de investigación

- Variable independiente
Gradiente altitudinal
- Variable dependiente
Carbono almacenado

3.3.4. Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Indicadores	Unidades
<i>Variables independientes</i>		
Gradiente altitudinal	Altitud sobre el nivel del mar	msnm
<i>Variable dependiente</i>		
Carbono almacenado	Cantidad de carbono	Toneladas

3.3.5. Diseño

Debido a que no se presentó la manipulación deliberada de la variable independiente “altitud sobre el nivel del mar”, la investigación presentó un diseño no experimental del grupo transversal debido a que se realizó una sola medición de las variables en cada unidad de estudio y fue específicamente del tipo correlacionales-causales (Hernández et al., 2014).

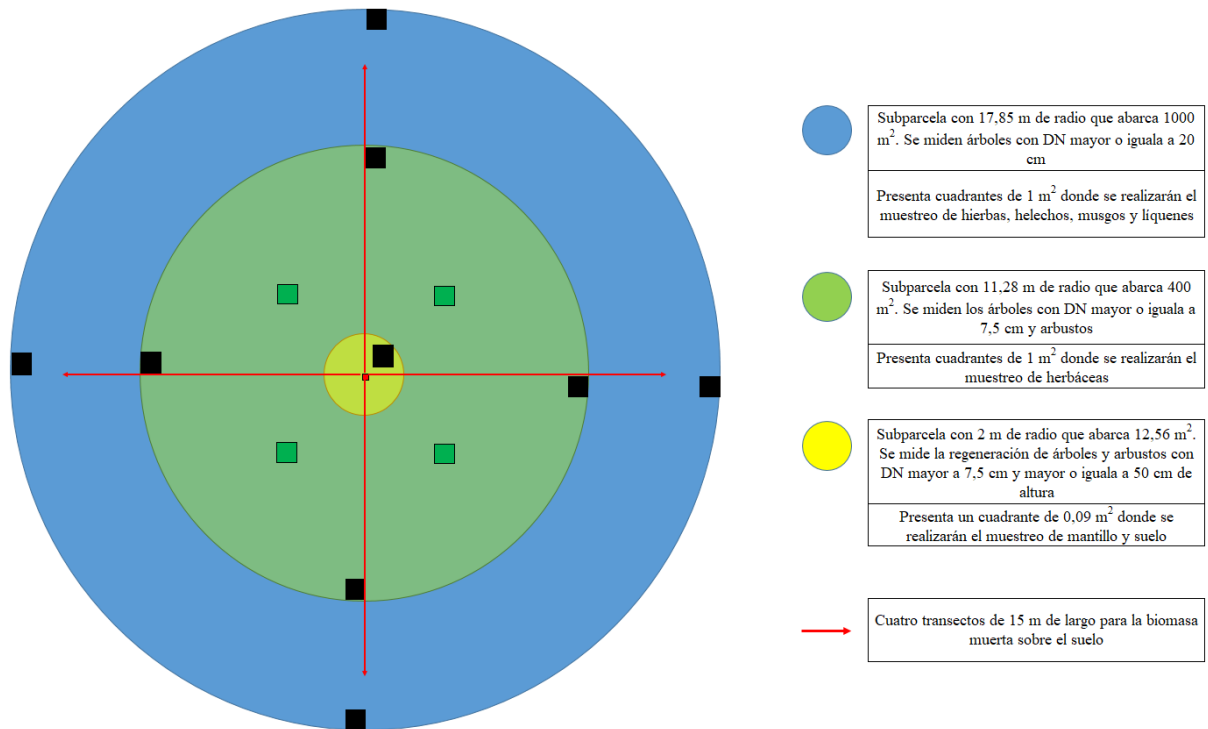
3.3.6. Población

Debido a que no se encontró un listado de agricultores, se consideró como población a todas las fincas que contengan plantas de cafeto de la variedad Catimor y que se encuentren en el caserío Santa Rita Alta del distrito de Chaglla.

3.4. Metodología

3.4.1. Descripción de las características de los cafetales distribuidos por una gradiente altitudinal en el distrito de Chaglla

Una vez identificadas a los predios, se realizó un recorrido con fines de encontrar la parte central de la plantación de café en donde se estableció el arreglo geométrico del sitio de muestreo que estuvo basado en los conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2011), permitiendo muestreos compatibles entre sí. El muestreo expuesto en la **Figura 1** considera un área de muestreo base de 400 m², con un área de 12,56 m² para el muestreo del renuevo o regeneración de los árboles, al igual que el INFyS, la cual se extiende a 1000 m² al considerar solo muestras de árboles con diámetro normal (DN), medido a la altura de 1,3 m, mayor a 20 cm. En el caso de la biomasa muerta sobre el suelo o material leñoso caído (combustibles) se consideraron cuatro transectos cuya dimensión fueron de 15 m de longitud, siguiendo un protocolo similar al INFyS (Paz et al., 2022).



Fuente: Paz et al. (2022).

Figura 1. Esquema de la forma y tamaño de las parcelas establecidas en las plantaciones de *C. arabica*.

Una vez definidas las parcelas, se tomaron las dimensiones del diámetro a una altura de 15 cm sobre el suelo (Andrade et al., 2016). A estos datos se incluyeron en los reportes de la producción anual de los cafetales.

3.4.2. Determinación del carbono almacenado en el suelo de los cafetales en el distrito de Chaglla

Para una documentación del protocolo del muestreo utilizado se realizó las consultas respectivas del “Manual de Procedimientos Inventario de Carbono+” desarrollado por el Programa Mexicano del Carbono (PMC, 2015). La estimación del carbono de los almacenes de las componentes de los sitios de muestreo prosiguió los protocolos establecidos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2006).

Almacén de la biomasa subterránea viva (Bsv). Se utilizó el modelo alométrico de Cairns et al. (1997), específicamente para condiciones de selva:

$$Bsv = \exp [-1,0587 + 0,8836 \ln(Bav)]$$

Siendo:

Bav la biomasa aérea viva.

La Bsv se expresó en unidades de Mg C ha⁻¹.

Almacén del carbono orgánico del suelo (Ccos). Fue estimado de acuerdo con lo considerado por Poeplau et al. (2017):

$$Ccos = (DAP)(P)(10\ 000) * (1-Fg)(COSp)(0,01)$$

Siendo:

Ccos es el contenido de carbono orgánico del suelo (Mg C ha⁻¹)

DAP (Mg/m³) es la densidad aparente del suelo

P es la profundidad del suelo (m)

Fg (%) son los fragmentos gruesos (> 2 mm) en el suelo

COSp es el contenido del carbono orgánico (%)

0,01 es un factor de conversión de porcentaje a fracción.

3.4.3. Determinación del carbono almacenado aéreo de los cafetales en el distrito de Chaglla

Escalamiento de las estimaciones. Los sitios de muestreo se integraban por tres círculos concéntricos para la toma de muestras. El primer círculo presentó un área de 12,56 m² y en éste se han medido la regeneración de los árboles y arbustos con diámetros normales < 7,5 cm y altura mayor a 0,5 m. El segundo círculo presentó un área de 400 m², donde se procedió a medir a los árboles y arbustos con diámetros normales > 7,5 cm. Por último, en el tercer círculo, con área de 1000 m², se ha tenido que medir a los árboles con diámetro normal > 20 cm.

Para extrapolar las mediciones de las subparcelas circulares a una superficie de una hectárea, fue necesario aplicar factores de expansión (factor multiplicativo). Para el primer círculo el factor de expansión fue de 796,17, 25,81 para el segundo círculo y 10,12 para el tercero.

Almacén de la biomasa aérea viva (Bav). Para la estimación de la biomasa seca de los árboles se utilizó bases de datos de ecuaciones alométricas compiladas (Rojas-García et al., 2015). Las ecuaciones fueron asignadas de acuerdo al hábito, forma de crecimiento (Vázquez-Sánchez et al., 2012), la forma de vida (Raunkier, 1934), así como su afinidad taxonómica de las plantas como es la familia, género y especie. En el caso de que no se logró encontrar una ecuación específica para una especie, se utilizó ecuaciones genéricas de acuerdo al tipo de vegetación.

El cálculo de la biomasa aérea viva (Bav), en términos de biomasa seca al horno (kg), se realizó para los árboles y arbustos vivos en los círculos de muestreo de 400 y 1000 m². Para cada especie se le asignó una ecuación alométrica para la estimación de la

biomasa aérea viva. Para el caso de árboles con $DN > 75$ cm, se aplicó una ecuación generalizada (Brown et al., 1997):

$$Bav = (0,5 + 15000DN^{2,7}) / (DN^{2,7} + 364946)$$

Representado por DN expresado en cm y Bav expresado en kg. El uso de la ecuación anterior fue justificado debido a que las ecuaciones exponenciales (típicas en alometría) suelen sobreestimar la biomasa arbórea.

La Bav estimada se multiplicó por 0,5 para estimar el contenido de carbono (IPCC, 2006). Para el caso de $DN \leq 20$ cm, el área de muestreo considerado fue de 400 m^2 y para $DN > 20$ cm, el área fue de 1000 m^2 , para compensar los efectos de escala. La Bav se expresó en unidades de Mg C ha^{-1} .

Para el caso del *C. arabica* se realizó la medición del tallo a 15 cm sobre el suelo y se utilizó la ecuación alométrica considerada por Andrade et al. (2016):

$$Ba = 0,36 - 0,18 * d_{15} + 0,08 * d_{15}^2$$

Siendo:

Ba: biomasa arriba del suelo (kg individuo^{-1})

d_{15} : diámetro del tronco a una altura de 15 cm.

Almacén de la biomasa aérea de las herbáceas (Bah). La estimación de la biomasa aérea de las plantas herbáceas fue calculada de:

$$Bah = Ps/1\ 000\ 000$$

Siendo Ps el peso seco de las muestras expresadas en gramos (g) y el factor de 1 000 000 se utilizó para convertir a unidades de mega gramos (Mg). El estimado de Bah se multiplicó por el factor 0,47 para lo cual se estimó el contenido de carbono (IPCC, 2006).

Almacén de la biomasa de árboles muertos en pie (Bamp) y tocones (Bt). Para la estimación de la biomasa de árboles muertos en pie se utilizó las ecuaciones alométricas para Bav (Mg C) y dicho resultado fue dividido entre 2.

Para la estimación de la biomasa de los tocones se calculó su volumen y éste se multiplicó por la densidad de la madera (ρ):

$$Bt = (d^2h/4\pi) \rho$$

Donde d (cm) es el diámetro del tocón, h (cm) es su altura.

La biomasa del tocón (Bt) se multiplicó por 0,5 para estimar su contenido de carbono (IPCC, 2006).

El almacén de biomasa aérea muerta (Bam) corresponde a la suma de los árboles muertos en pie y los tocones.

Almacén de la biomasa del mantillo (Bm). El mantillo es la suma de la capa de fermentación y de la hojarasca (CONAFOR, 2011; PMC, 2015). La estimación de la biomasa del mantillo estuvo definida por:

$$Bm = (Pm/1\ 000\ 000)(10\ 000/0,09)$$

Donde Pm es el peso del mantillo (g) (capa de fermentación más capa de hojarasca), 1 000 000 es un factor de conversión de g a Mg, 10 000 es un factor de conversión de m a ha y 0,09 m² es el área de muestreo del mantillo de 0,3 x 0,3 m.

Almacén de la biomasa del material leñoso muerto (Bmlc). En el caso del muestreo de los transectos de la biomasa del material leñoso muerto, el volumen fue estimado por la ecuación de Warren y Olson (1964) modificada por Van Wagner (1968):

$$Vmlc = \frac{\pi^2 \sum_{i=1}^n d_i^2}{8L}$$

Donde Vmlc (m² ha⁻¹) es el volumen del material leñoso muerto por clase de densidad, di es el diámetro de la pieza i de material leñoso muerto a lo largo del transecto (cm) y L es la longitud del transecto (m). Los volúmenes por clase de densidad fueron multiplicados por la densidad de su clase (ρ) para estimar la respectiva biomasa (Mg ha⁻¹), siendo las densidades de 0,53 g/cm³ para la clase 1, 0,43 g/cm³ para la clase 2 y 0,29 g/cm³ para la clase 3 (The Nature Conservancy & Amazon Conservation Team, 2019). Los estimados de biomasa fueron multiplicados por el factor 0,5 para su conversión a carbono (IPCC, 2006).

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva y con la finalidad de contrastar la hipótesis planteada se hizo uso de la prueba de correlación entre el carbono obtenido por parcela y la gradiente altitudinal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de las características de los cafetales distribuidos por una gradiente altitudinal en el distrito de Chaglla

4.1.1. Descriptivos para el diámetro del tallo de *C. arabica*

El análisis de los resultados descriptivos para el diámetro del tallo de las plantas de *C. arabica* en las cinco parcelas revela variaciones significativas en las medidas. El valor mínimo registrado fue de 1,59 cm (**Tabla 3**), lo que indica que algunas plantas tenían tallos relativamente delgados, posiblemente relacionadas con factores como la edad de la planta o las condiciones del suelo. Por otro lado, el valor máximo de 8,28 cm refleja la presencia de plantas con tallos mucho más gruesos, sugiriendo un desarrollo más robusto, lo cual podría estar vinculado a prácticas de manejo agrícola o a la diversidad genética de las plantas. Este rango amplio de diámetros es un indicador clave de la variabilidad dentro de las parcelas y sugiere que existe una heterogeneidad significativa entre las plantas en términos de desarrollo estructural.

El promedio del diámetro del tallo fluctúa entre 3,32 cm y 5,18 cm (**Tabla 3** y **Figura 2**), lo que ofrece una visión más general de las tendencias centrales en las medidas de las plantas de *C. arabica*. Este rango de promedios sugiere que, en general, las plantas presentan un desarrollo adecuado en términos de grosor del tallo, lo cual puede estar relacionado con su capacidad de soportar la producción de frutos y resistir condiciones ambientales adversas. La variabilidad entre los promedios de las subparcelas es una señal de que las condiciones locales o los métodos de cultivo pueden estar influyendo en el crecimiento de las plantas, generando diferencias entre parcelas que merecen un análisis más profundo para entender las causas subyacentes de esta fluctuación, ya que para Flores et al. (2013) las características morfométricas de las plantas de café responden a factores muy específicos como la intensidad de luz que recibe ya que no todos son cubiertos por la sombra de los árboles que son establecidos en asocio al café, también las características edáficas ya que son variables a pequeñas distancias.

Finalmente, el coeficiente de variación, que oscila entre 10,82% y 30,51% (**Tabla 3**), es un indicador importante de la dispersión relativa en los datos. Un coeficiente de variación más bajo, como el 10,82%, sugiere una mayor uniformidad en el tamaño de los tallos dentro de algunas parcelas, lo cual puede ser indicativo de una gestión agrícola más controlada y uniforme. En contraste, un coeficiente de variación más alto, como

el 30,51%, revela una mayor dispersión en las medidas, lo que podría deberse a factores como la variabilidad en la edad de las plantas, diferencias en el acceso a nutrientes o variaciones en las condiciones microambientales. Este análisis del coeficiente de variación aporta información valiosa para el manejo de los cultivos, sugiriendo que una menor variabilidad podría estar asociada con prácticas agrícolas más eficientes y consistentes, mientras que una alta dispersión podría indicar la necesidad de ajustes en el manejo agronómico para optimizar el crecimiento uniforme en las parcelas.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para el diámetro del tallo de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Parcela	Subparcela	N	Mínimo	Máximo	Media (cm)	CV (%)
1	1	7	3,50	4,46	3,82	10,76
	2	76	3,50	4,46	3,89	10,89
	3	143	3,50	4,46	3,89	10,82
	Total	226	3,50	4,46	3,88	10,80
2	1	7	3,50	7,00	5,18	27,40
	2	115	3,50	7,64	4,74	14,38
	3	150	3,18	6,68	4,70	14,22
	Total	272	3,18	7,64	4,73	14,82
3	1	6	3,18	4,46	3,55	16,43
	2	82	3,18	4,46	3,62	12,85
	3	150	3,18	4,46	3,63	13,17
	Total	238	3,18	4,46	3,63	13,09
4	1	6	2,55	4,14	3,55	19,14
	2	66	2,23	4,14	3,59	18,71
	3	139	2,23	4,14	3,59	18,53
	Total	211	2,23	4,14	3,59	18,51
5	1	7	2,55	3,82	3,32	14,50
	2	88	1,59	8,28	3,81	30,51
	3	114	1,59	5,73	3,46	23,72
	Total	209	1,59	8,28	3,60	27,36

CV: Coeficiente de variación.

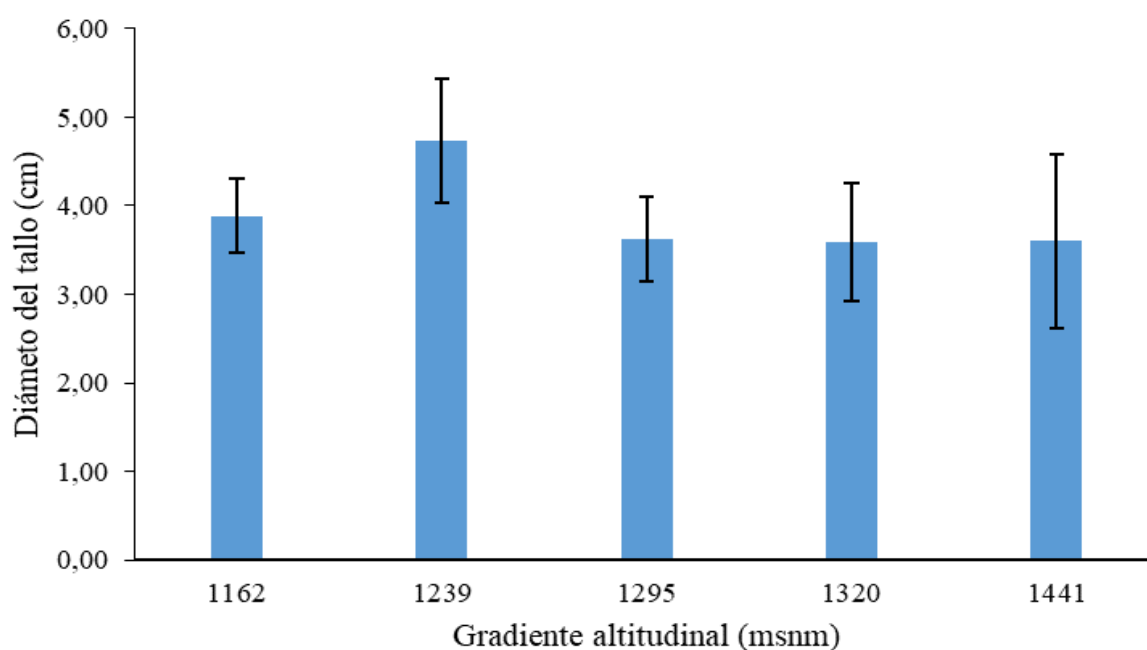


Figura 2. Diámetro del tallo de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

4.1.2. Descriptivos para la biomasa de *C. arabica*

El análisis de los datos sobre la biomasa de *C. arabica* revela una considerable variabilidad en el diámetro del tallo de las plantas en las parcelas evaluadas. El valor mínimo registrado de 0,28 kg y el valor máximo de 4,35 kg destacan la dispersión en los tamaños de las plantas (**Tabla 4**). Esta amplia diferencia sugiere que las condiciones dentro de las parcelas, ya sean relacionadas con la variabilidad del suelo, la nutrición o la exposición a la luz solar, podrían influir en el desarrollo de las plantas de manera significativa. En este sentido, la amplitud del rango en los datos puede ser indicativa de la heterogeneidad de los factores ambientales y de manejo que afectan el crecimiento de las plantas. Similares reportes fueron señalados por Valdés-Velarde et al. (2022) al encontrar elevada variabilidad de los valores de biomasa debido a situaciones como el valor diametral de los individuos, además, registró variaciones para una sola parcela, entre parcelas de una misma variedad y finalmente lo más notorio que hubo fue la variabilidad entre variedades.

Al observar el promedio del diámetro del tallo, se puede ver que este fluctuó entre 0,66 1,72 kg (**Tabla 4 y Figura 3**), lo que ofrece una visión detallada del tamaño típico de las plantas. Pero, el hecho de que el promedio varíe en un rango relativamente amplio sugiere que las subparcelas no presentan homogeneidad en cuanto a las condiciones de crecimiento, o bien que el muestreo abarcó plantas en diferentes etapas de desarrollo. Esto podría significar que las plantas más pequeñas, posiblemente más jóvenes o afectadas por

factores limitantes, tienen un peso muy por debajo del promedio superior, lo que repercute en la media y enfatiza la necesidad de considerar más factores en la interpretación de estos datos. La variable diámetro del tallo es muy dependiente de la biomasa obtenida, más aún este componente posee superior concentración de carbono respecto a las hojas y la corteza donde las proporciones son de 49,11, 46,98 y 45,45% respectivamente (Marroquín et al., 2024), los promedios del diámetro entre parcelas evaluadas fueron diferentes y esto ha conllevado mediante el modelo alométrico utilizado a que haya diferencias en el valor de la biomasa acumulada en las plantas de *C. arabica*.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos para la biomasa de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Parcela	Subparcela	N	Mínimo	Máximo	Media (kg/planta)	CV (%)
1	1	7	0,71	1,15	0,85	21,57
	2	76	0,71	1,15	0,88	21,67
	3	143	0,71	1,15	0,88	21,52
	Total	226	0,71	1,15	0,88	21,48
2	1	7	0,71	3,02	1,72	54,92
	2	115	0,71	3,65	1,34	32,52
	3	150	0,60	2,73	1,32	29,54
	Total	272	0,60	3,65	1,34	32,31
3	1	6	0,60	1,15	0,75	32,79
	2	82	0,60	1,15	0,77	25,54
	3	150	0,60	1,15	0,78	26,08
	Total	238	0,60	1,15	0,78	25,95
4	1	6	0,42	0,99	0,76	31,96
	2	66	0,36	0,99	0,78	29,40
	3	139	0,36	0,99	0,78	29,21
	Total	211	0,36	0,99	0,78	29,20
5	1	7	0,42	0,84	0,66	24,46
	2	88	0,28	4,35	0,94	70,61
	3	114	0,28	1,95	0,75	44,09
	Total	209	0,28	4,35	0,83	61,13

El coeficiente de variación, que oscila entre 21,48% y 70,61% (**Tabla 4**), es un estadístico clave para evaluar la dispersión relativa de los datos. Un coeficiente más bajo indica una menor variabilidad relativa, mientras que valores más altos reflejan una mayor dispersión en relación con la media. En este caso, el coeficiente de variación más alto sugiere una considerable variabilidad en ciertas subparcelas, lo que podría señalar inconsistencias en las condiciones de crecimiento o en la respuesta de las plantas a su entorno. Esta gran dispersión pone de relieve la necesidad de estudiar más a fondo los factores subyacentes que influyen en el crecimiento de las plantas de *C. arabica* en estas parcelas. Además, este análisis permite una reflexión sobre la importancia de los estadígrafos descriptivos, ya que proporcionan un marco para comprender la variabilidad en los datos, lo que puede guiar decisiones sobre manejo agrícola y optimización de recursos. Reportes similares del coeficiente de variación lo reportaron Ruiz-García et al. (2022) al encontrar 60,33% en una parcela de café en asocio a árboles maderables, al respecto, dicha variabilidad es muy dependiente de la ubicación específica del cafeto a pesar que se le asigne un manejo uniforme a una plantación, siempre se observa variabilidad en la biomasa debido a que se obtiene este valor mediante un modelo alométrico que utiliza a la variable diámetro como componente de la ecuación.

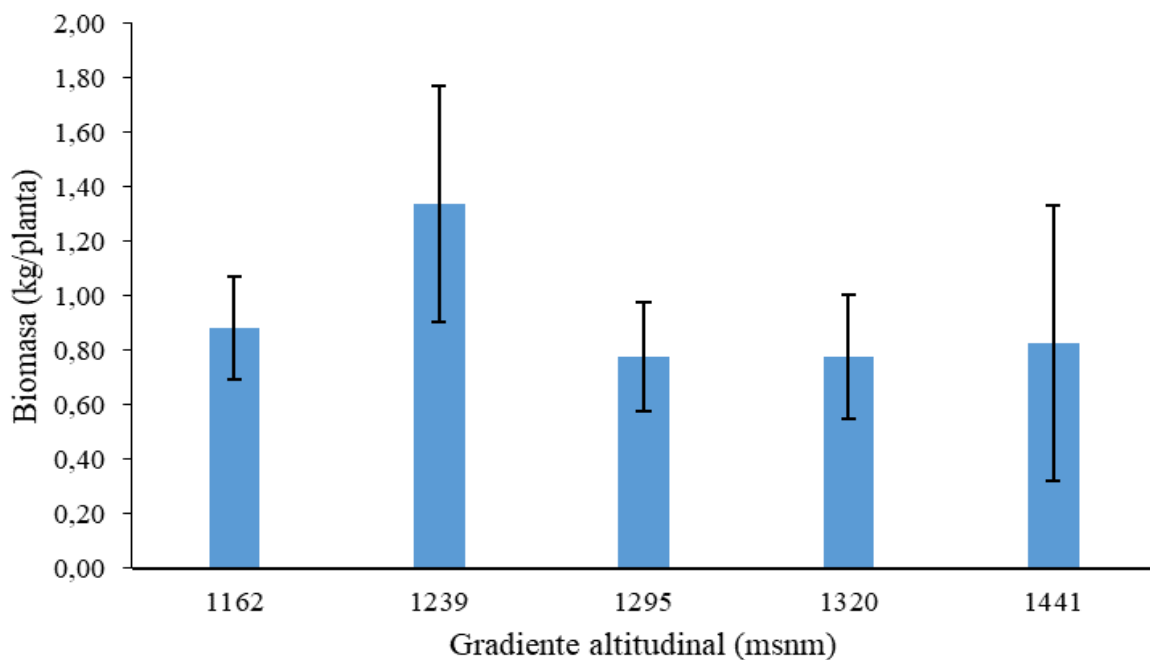


Figura 3. Biomasa de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

4.1.3. Clase textural de los suelos de las plantaciones de *C. arabica*

El análisis de las texturas del suelo en las diferentes parcelas con *C. arabica* a lo largo de gradientes altitudinales revela variaciones significativas que pueden influir en el desarrollo de las plantas (**Tabla 5**). A 1162 y 1441 msnm, el suelo es Franco Arcillo Arenoso, una combinación que favorece el drenaje moderado, pero retiene suficiente humedad para las raíces de las plantas de *C. arabica*. A 1239 msnm, el suelo Franco Limoso sugiere una mayor capacidad de retención de agua, beneficiando el crecimiento en zonas con menor disponibilidad de agua superficial. En altitudes más altas, como 1295 msnm, el suelo Arcilloso indica una mayor retención de agua, pero puede limitar el drenaje, lo que podría causar problemas de encharcamiento si no se maneja adecuadamente. Finalmente, en 1320 msnm, el suelo Franco Arcillo Limoso proporciona un balance intermedio entre retención de agua y drenaje. Estas diferencias texturales pueden reflejar una adaptación del cultivo de *C. arabica* a distintas condiciones microclimáticas y edáficas, sugiriendo la necesidad de un manejo específico del suelo en función de la altitud para optimizar el rendimiento del cultivo.

Tabla 5. Clase textural de los suelos de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural
1162	53	27	20	Franco Arcillo Arenoso
1239	31	19	50	Franco Limoso
1295	29	43	28	Arcilloso
1320	21	33	46	Franco Arcillo Limoso
1441	61	25	14	Franco Arcillo Arenoso

Respecto a la clase textural encontrado en las plantaciones en estudio, hay reportes similares con respecto a su clase textural de los suelos, ya que Márquez et al. (2022) encontró plantaciones en suelos Franco arcillo limoso y Franco arcilloso, ambos suelos ofrecen un buen balance entre retención de agua y drenaje, lo que es fundamental para el *C. arabica*, que necesita un suministro constante de agua sin sufrir encharcamientos; su capacidad para retener y suministrar nutrientes es ideal para el crecimiento sano de las plantas; además, su estructura favorece el desarrollo adecuado de las raíces, asegurando que las plantas puedan establecerse bien y producir de manera óptima.

4.1.4. Propiedades químicas de los suelos de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal

El análisis de las propiedades químicas de los suelos en parcelas con *C. arabica* distribuidas en gradientes altitudinales revela variaciones importantes que pueden influir en la salud y el crecimiento del cultivo (**Tabla 6**). A 1162 msnm, se observa un pH de 4,4, lo que indica suelos ácidos, comunes en áreas tropicales donde crece *C. arabica*, pero que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales, como el fósforo, que se encuentra en una baja concentración de 1,019 ppm. La materia orgánica es alta (3,19%), lo que favorece la retención de humedad y la estructura del suelo, pero su comportamiento fue contrario a lo encontrado por Murga-Orrillo et al. (2021) en donde la materia orgánica tuvo un comportamiento directamente proporcional respecto al punto de muestreo de la gradiente altitudinal hasta los 3000 msnm. Sin embargo, la conductividad eléctrica (CE) de 0,442 dS/m podría indicar la presencia de sales, aunque dentro de rangos aceptables. El nitrógeno (0,159%) y el potasio (107,236 ppm de K₂O) son adecuados para el desarrollo de la planta, pero los bajos niveles de fósforo podrían limitar el crecimiento de las raíces.

En la parcela a 1239 msnm, los resultados muestran un pH similar de 4,4, pero con una CE más baja (0,121 dS/m), lo que sugiere una menor concentración de sales. La materia orgánica es menor (2,09%), lo que podría afectar la fertilidad del suelo, mientras que el nitrógeno (0,104%) y el potasio (43,138 ppm de K₂O) son más bajos en comparación con la parcela anterior. No obstante, el fósforo es más elevado (3,321 ppm), lo que puede compensar, en parte, la acidez del suelo al mejorar la disponibilidad de este nutriente crucial para el desarrollo radicular (**Tabla 6**).

A 1295 msnm, se observa una ligera mejora en el pH (4,57), lo que reduce la acidez y mejora la disponibilidad de ciertos nutrientes; hasta este nivel el pH fue bajo para poder garantizar el crecimiento normal de las plantas de cafeto ya que de acuerdo a Sadeghian (2016) este parámetro debe encontrarse entre los 5,0 a 5,5 con la cual se consideran como suelos con valor óptimo del pH para el cultivo de *C. arabica*. La CE es moderada (0,298 dS/m), y la materia orgánica es intermedia (2,39%). Este suelo presenta un nivel mucho más alto de fósforo (10,781 ppm), lo que beneficia el desarrollo de las plantas en esta altitud, junto con un mayor contenido de potasio (117,422 ppm de K₂O). El calcio (4,54 Cmol(+)/kg) y el magnesio (0,657 Cmol(+)/kg) también son más abundantes (**Tabla 6**), lo que favorece una buena estructura del suelo y mejora el intercambio catiónico, necesario para el crecimiento saludable de las plantas.

En 1320 msnm, el pH es más elevado (5,31) en comparación a los suelos de puntos más bajos, esta variación fue distinto al estudio de Murga-Orrillo et al. (2021) donde encontraron que el pH suele disminuir hasta una altitud de muestreo de 3000 msnm, lo que indica una menor acidez y una mejor disponibilidad de nutrientes como el fósforo (4,058 ppm). Sin embargo, los niveles de potasio (47,247 ppm de K₂O) y de materia orgánica (2,09%) son más bajos en comparación con las altitudes menores. La presencia moderada de calcio (3,387 Cmol(+)/kg) y magnesio (0,502 Cmol(+)/kg) sigue favoreciendo un buen equilibrio catiónico, aunque la conductividad eléctrica (0,148 dS/m) sugiere una baja salinidad (**Tabla 6**). La variabilidad de los resultados en las diferentes propiedades químicas de los suelos también fue reportada por Márquez et al. (2022) al realizar muestreos en diferentes estaciones del año y bajo distintos sistemas de cultivo de *C. arabica*.

Finalmente, en 1441 msnm, el pH de 5,21 refleja un suelo menos ácido con la cual de acuerdo a Sadeghian (2016) se encuentra dentro del rango óptimo determinado para este cultivo agrícola que va desde los 5,0 hasta 5,5, y en el caso de la conductividad eléctrica fue 0,193 dS/m con la cual nos indica bajos niveles de salinidad. El fósforo alcanza su mayor concentración (12,439 ppm), lo que mejora el desarrollo de las raíces, mientras que el potasio (104,792 ppm de K₂O) y el calcio (4,806 Cmol(+)/kg) son elevados, lo que favorece una buena estructura del suelo, siendo estos dos últimos elementos distinto su comportamiento respecto a la altitud encontrado por Murga-Orrillo et al. (2021) al resaltar que, dichos elementos suelen disminuir en los suelos mientras se encuentran a mayor altitud debido a la influencia de la baja temperatura y la humedad registrada en los suelos. A mayor altitud, la materia orgánica (2,64%) y el nitrógeno (0,132%) muestran niveles adecuados para mantener la fertilidad del suelo, lo que, junto con los demás elementos, hace de este sitio una zona favorable para el cultivo del *C. arabica* (**Tabla 6**).

Tabla 6. Propiedades químicas de los suelos de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	pH	CE (dS/m)	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K ₂ O (ppm)	Ca (Cmol(+)/kg)	Mg (Cmol(+)/kg)
1162	4,4	0,442	3,19	0,159	1,019	107,236	6,814	0,323
1239	4,4	0,121	2,09	0,104	3,321	43,138	3,77	0,448
1295	4,57	0,298	2,39	0,12	10,781	117,422	4,54	0,657
1320	5,31	0,148	2,09	0,104	4,058	47,247	3,387	0,502
1441	5,21	0,193	2,64	0,132	12,439	104,792	4,806	0,585

4.2. Determinación del carbono almacenado en el suelo de los cafetales en el distrito de Chaglla

El análisis del carbono almacenado en las parcelas de *C. arabica* a lo largo de gradientes altitudinales muestra una clara variación en la acumulación de carbono en los componentes edáficos, que incluyen las raíces de los árboles, las raíces de *C. arabica* y el carbono orgánico del suelo (COS). En la parcela a 1162 msnm, se observa que las raíces de los árboles contribuyen con 0,30 tC/ha, mientras que las raíces de *C. arabica* almacenan 0,22 tC/ha (**Tabla 6**). Sin embargo, la mayor reserva de carbono se encuentra en el suelo, con 66,94 tC/ha que está muy por debajo del reporte de Zavala et al. (2018) quienes encontraron una media de 148,24 tC/ha, valores en la cual se ratifican que dichos suelos actúan como el principal reservorio de carbono en esta altitud. A 1239 msnm, el carbono almacenado en las raíces de los árboles es significativamente mayor (1,39 tC/ha), mientras que el COS es menor (38,91 tC/ha), lo que sugiere que el aporte de las raíces de los árboles a la acumulación de carbono en este rango altitudinal es más relevante que en otras altitudes.

En 1295 msnm, el carbono en las raíces de los árboles es de 0,52 tC/ha y el COS se mantiene relativamente estable en 39,89 tC/ha (**Tabla 6**), lo que indica una distribución más equilibrada entre los compartimentos evaluados. A 1320 msnm, el almacenamiento de carbono en las raíces de los árboles alcanza su valor máximo (1,60 tC/ha), lo que subraya la importancia de los árboles en la acumulación de carbono en estos sistemas agroforestales, aunque el COS es más bajo (38,62 tC/ha), estos valores del COS es similar a lo encontrado por Hernández-Núñez et al. (2021) en Colombia con plantaciones con edades superiores a los 2,5 años en sistemas agroforestales donde $42,8 \pm 9,5$ tC/ha.

Finalmente, en 1441 msnm, el carbono en las raíces de los árboles vuelve a bajar a 0,52 tC/ha, mientras que el COS es de 38,43 tC/ha (**Tabla 7**), lo que sugiere que las dinámicas de acumulación de carbono pueden estar influenciadas tanto por la altitud como por las características del manejo del suelo y del sistema agroforestal en cada parcela. Estas variaciones evidencian que la altitud y la composición vegetal afectan significativamente el almacenamiento de carbono, con el suelo siendo siempre el principal depósito. Resultados ligeramente inferiores lo reportaron Jurado et al. (2020) al muestrear suelos a una altitud por debajo de los 1600 msnm y obtener una media de 33,52 tC/ha, esta media fue elevándose mientras más se elevó el valor de la gradiente altitudinal siendo en promedio 36,85 tC/ha a una altitud entre los 1600 hasta los 1800 msnm y la media alcanzó los 99,62 tC/ha en las parcelas muestreadas de cafetales que se encontraban a altitudes por encima de los 1800 msnm.

Tabla 7. Carbono almacenado en el suelo de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	Componente edáfico (tC/ha)		
	Raíz de árboles	Raíz de <i>C. arabica</i>	COS
1162	0,30	0,22	66,94
1239	1,39	0,33	38,91
1295	0,52	0,21	39,89
1320	1,60	0,19	38,62
1441	0,52	0,15	38,43

El análisis de la proporción de carbono almacenado en el sistema edáfico de las plantaciones de *C. arabica* muestra una clara predominancia del carbono orgánico del suelo, que constituye el 97,62% del total, mientras que el carbono almacenado en las raíces de los árboles y en las raíces de *C. arabica* representan el 1,90% y el 0,48% respectivamente (**Figura 4**). Esta distribución evidencia que el suelo es, de lejos, el principal reservorio de carbono en estos ecosistemas. La alta proporción de carbono orgánico en el suelo se debe a la acumulación de materia orgánica, como restos vegetales y raíces en descomposición, lo que sugiere que las plantaciones de *C. arabica*, aunque limitadas en biomasa aérea, tienen un gran potencial para retener carbono en el subsuelo. Este resultado refuerza la importancia de prácticas agrícolas sostenibles que favorezcan la salud y fertilidad del suelo, como la aplicación de abonos orgánicos y la reducción de la erosión.

Por otro lado, la baja proporción de carbono almacenado en las raíces, tanto de los árboles (1,90%) como del *C. arabica* (0,48%), sugiere que las raíces, aunque esenciales para la captura de nutrientes y el soporte de las plantas, juegan un papel limitado en el almacenamiento de carbono en comparación con el suelo ya que el crecimiento de las raíces es muy heterogéneo debido a que poseen dependencia con las interacciones de los factores ambientales y genéticos para cada especie vegetal que se asocia a las plantas de café. Esto se puede atribuir a la naturaleza relativamente pequeña del sistema radicular del *C. arabica* y la capacidad limitada de las raíces para fijar carbono de manera permanente. Sin embargo, aunque la proporción de carbono radicular es baja, su contribución al secuestro de carbono no debe subestimarse, ya que las raíces actúan como puente entre la biomasa aérea y el suelo, facilitando la transferencia de carbono hacia las capas más profundas del suelo, donde puede ser almacenado a largo plazo.

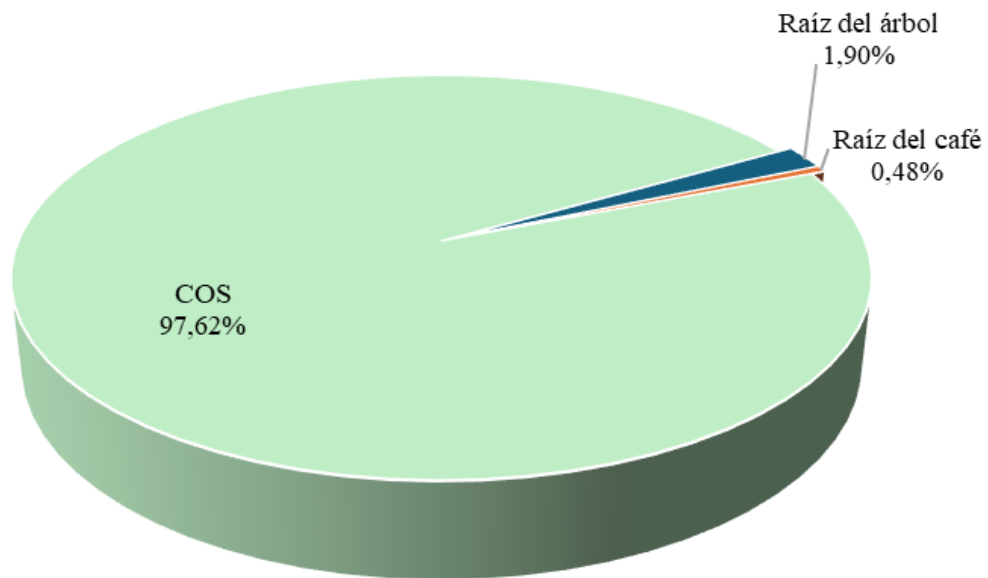


Figura 4. Proporción del carbono almacenado en el suelo de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal

La disparidad en las proporciones porcentuales de carbono almacenado en el suelo (**Figura 4**), las raíces de los árboles y las raíces de *C. arabica* también plantea una reflexión sobre la importancia de los sistemas agroforestales en la captura de carbono. Los árboles, al tener raíces más profundas y extender su biomasa subterránea, contribuyen más al secuestro de carbono que las plantas de *C. arabica* por sí solas. Esta dinámica sugiere que la inclusión de árboles en las plantaciones de *C. arabica*, dentro de un sistema agroforestal, podría aumentar significativamente la capacidad de almacenamiento de carbono en las raíces, complementando el carbono almacenado en el suelo. De este modo, se podría optimizar el potencial de captura de carbono en estos sistemas, promoviendo una mayor sostenibilidad y resiliencia frente al cambio climático. La implementación de prácticas agroforestales adecuadas, junto con el manejo sostenible del suelo, son elementos clave para maximizar el secuestro de carbono en plantaciones de *C. arabica*.

4.3. Determinación del carbono almacenado aéreo de los cafetales en el distrito de Chaglla

El almacenamiento de carbono en los componentes aéreos de las plantaciones de *C. arabica* muestra una variabilidad significativa en función de la altitud y el tipo de vegetación presente. En la parcela a 1162 msnm, el carbono almacenado en el componente herbáceo es relativamente bajo (0,18 tC/ha), mientras que los árboles almacenan 0,86 tC/ha, lo que sugiere una baja densidad de árboles en esta altitud. Las plantas de *C. arabica* también contribuyen con 0,63 tC/ha, un valor considerable para su tamaño (**Tabla 8**), reportes muy superiores encontraron Zavala et al. (2018) donde la media fue 8,42 tC/ha debido a que la plantación presentaba una edad considerable en comparación a las parcelas estudiadas. Para el caso de la ausencia de árboles caídos en las parcelas estudiadas puede ser un indicativo de un manejo que limita la caída natural o la presencia de árboles jóvenes que aún no han llegado a su ciclo de renovación.

A 1239 msnm, se observa un aumento sustancial en el almacenamiento de carbono, especialmente en los árboles, que acumulan 4,80 tC/ha, y en los árboles caídos, que añaden 3,37 tC/ha (**Tabla 8**), lo que podría indicar un ecosistema en proceso de renovación o con mayor diversidad de árboles. Este patrón resalta la importancia de los árboles caídos como reservorios temporales de carbono, que luego puede ser reincorporado al suelo. Además, las plantas de *C. arabica* también muestran un incremento en su capacidad de almacenamiento de carbono (0,99 tC/ha), posiblemente asociado a una mayor biomasa debido a las condiciones edáficas y climáticas en este rango altitudinal.

En las parcelas a 1320 y 1441 msnm, el carbono almacenado en los árboles muestra variaciones notables (**Tabla 8**). A 1320 msnm, los árboles almacenan 5,64 tC/ha, el valor más alto registrado, lo que subraya la importancia de la masa arbórea en este ecosistema agroforestal. Sin embargo, en 1441 msnm, este valor disminuye a 1,60 tC/ha, lo que podría estar relacionado con condiciones de manejo diferentes o una menor densidad de árboles. Las plantas de *C. arabica* también presentan un menor almacenamiento de carbono (0,54 tC/ha y 0,43 tC/ha, respectivamente), lo que refleja la influencia de la altitud en la productividad y biomasa del *C. arabica*. En general, el carbono almacenado en los componentes aéreos varía desde 1,67 a 9,50 tC/ha en función de las características locales, con los árboles vivos y los árboles caídos desempeñando roles clave en el secuestro de carbono, estos valores fueron inferiores a lo reportado por Hernández-Núñez et al. (2021) donde el valor encontrado fue de $15,0 \pm 3,1$ tC/ha, esto debido a la mayor presencia de árboles por área en los sistemas agroforestales evaluados, adicionalmente encontraron componentes como fustales y fustales

grandes con aportes importantes de carbono (2,39 y 5,24 tC/ha respectivamente), siendo no observado estos componentes en las parcelas que abarcaron el presente estudio debido posiblemente a que no se deja crecer a la regeneración de las especies forestales que se encuentran en la zona en estudio.

Tabla 8. Carbono almacenado en la parte aérea de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Altitud (msnm)	Componente aéreo (tC/ha)			
	Herbácea	Árboles	Árboles caídos	<i>C. arabica</i>
1162	0,18	0,86	0,00	0,63
1239	0,35	4,80	3,37	0,99
1295	0,20	1,58	3,50	0,58
1320	0,27	5,64	0,00	0,54
1441	0,26	1,60	0,00	0,43

El análisis del carbono almacenado en el componente aéreo de las plantaciones de *C. arabica* muestra una distribución diversa entre los diferentes compartimentos. El 56,13% del carbono está almacenado en los árboles (**Figura 5**), lo que resalta el papel fundamental de estos en la captura de carbono dentro del sistema agroforestal, siendo concordante con la conclusión obtenida por Jurado et al. (2020) que un sistema de *C. arabica* a libre exposición almacena menos carbono respecto a un sistema que contienen especies leñosas establecidas por los agricultores cuya finalidad principal es el aporte de nutrientes y sombra para el café. La biomasa arbórea contribuye significativamente a la fijación de carbono debido a su tamaño y longevidad, lo que permite la acumulación de grandes cantidades de carbono a lo largo del tiempo. Este dato refuerza la importancia de mantener y fomentar la presencia de árboles dentro de las plantaciones de *C. arabica*, ya que no solo mejoran el secuestro de carbono, sino que también ofrecen beneficios adicionales como la sombra para los cafetos y la mejora de la biodiversidad.

Por otro lado, las plantas de *C. arabica* almacenan el 12,30% del carbono aéreo (**Figura 5**), una cantidad considerable pero menor en comparación con los árboles. Esta proporción refleja las limitaciones del *C. arabica* como cultivo perenne en cuanto a la captura de carbono en su biomasa aérea. Aunque el *C. arabica* no tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono como los árboles, su contribución sigue siendo relevante, sobre

todo si se considera el ciclo continuo de crecimiento y cosecha que puede influir en la dinámica del carbono. Además, el manejo adecuado de los cafetales puede potenciar este almacenamiento, favoreciendo la productividad sin comprometer la capacidad del sistema para capturar carbono. La proporción del carbono aéreo obtenido es ligeramente inferior a los 15,96% que encontró Hernández-Núñez et al. (2021) para este componente aéreo.

Finalmente, el 24,64% del carbono almacenado en los árboles caídos y el 9,92% en las herbáceas y hojarasca (**Figura 5**) subrayan la importancia de los materiales en descomposición en el ciclo del carbono, siendo las proporciones superiores al reporte de Hernández-Núñez et al. (2021) que al juntar los dos componentes solamente obtuvo una representación del 15,96% como componente aéreo. Estos elementos no solo actúan como reservorios temporales de carbono, sino que también son fundamentales para la regeneración del suelo, dado que su descomposición lenta permite la liberación gradual de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Este resultado sugiere que, en lugar de eliminar los restos vegetales, las prácticas de manejo sostenible deben enfocarse en la integración de estos materiales en el suelo. Así, se puede mejorar tanto la capacidad de almacenamiento de carbono como la salud del ecosistema en su conjunto, promoviendo un ciclo de carbono más eficiente en las plantaciones de *C. arabica*.

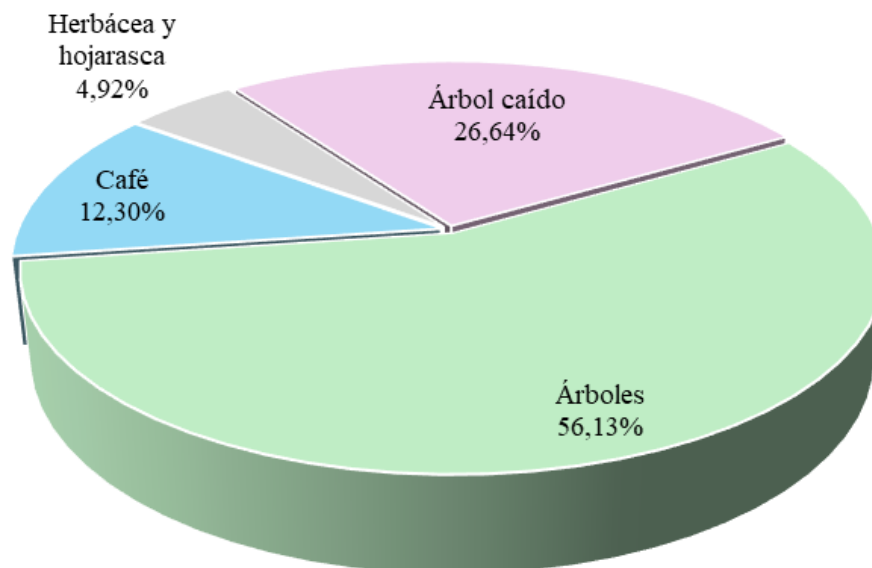


Figura 5. Distribución del carbono almacenado en la parte aérea de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

4.4. Determinación de la relación entre el gradiente altitudinal y el carbono almacenado de los cafetales en el distrito de Chaglla, región Huánuco

El estudio sobre el carbono almacenado en plantaciones de *C. arabica* revela una marcada diferencia entre el carbono aéreo y el carbono edáfico, con un 10,66% del carbono almacenado en la biomasa aérea y un 89,31% en el suelo (**Figura 6**). Esta disparidad sugiere que el suelo en las plantaciones de *C. arabica* desempeña un papel mucho más importante en el secuestro de carbono en comparación con la biomasa de las plantas como también lo registró Zavala et al. (2018) con una proporción de 78,29%, mientras que Hernández-Núñez et al. (2021) determinaron un 74,05% de carbono edáfico respecto al total estimado para el sistema de plantación. La menor proporción de carbono aéreo puede explicarse por el tamaño limitado de la biomasa del *C. arabica* en relación con otros cultivos forestales o árboles de sombra, lo que indica que el cultivo del *C. arabica*, por sí solo, tiene una capacidad limitada para almacenar carbono en su parte aérea. Sin embargo, la gran capacidad del suelo para retener carbono subraya la importancia de la calidad del suelo y su manejo en la sostenibilidad y eficiencia del secuestro de carbono.

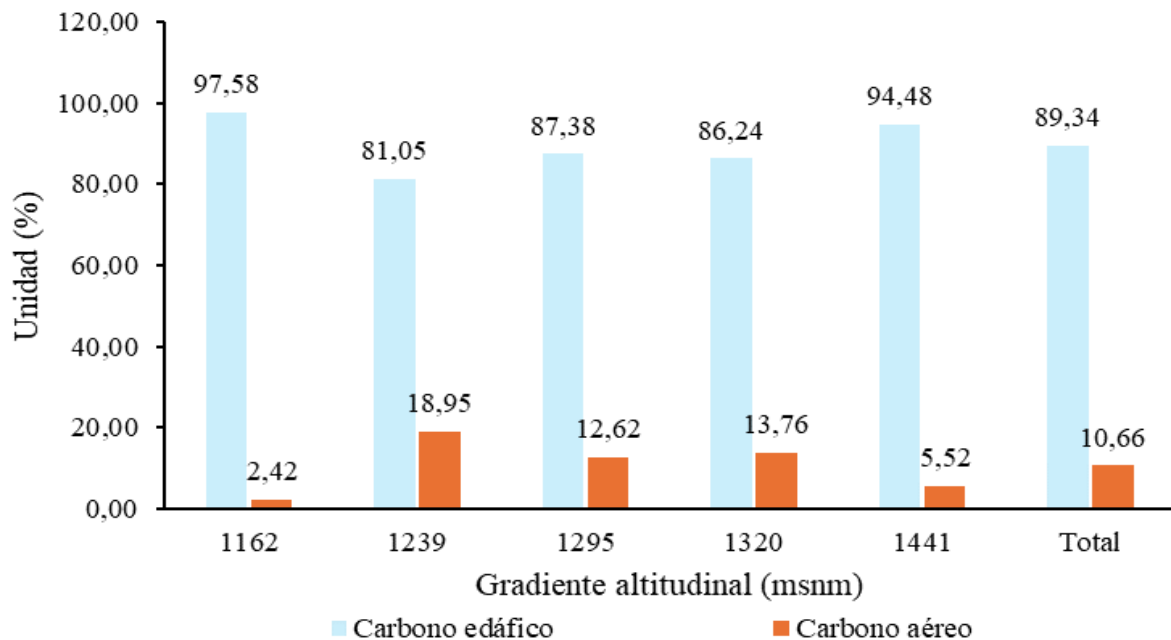


Figura 6. Proporción del carbono almacenado en la parte aérea y edáfica de las plantaciones de *C. arabica* distribuidos en una gradiente altitudinal.

Esta alta proporción de carbono edáfico (89,31%) sugiere que el suelo actúa como el principal reservorio de carbono en las plantaciones de *C. arabica*, especialmente

cuando se aplican prácticas agrícolas que promueven la acumulación de materia orgánica, esto también se vio reflejado en el estudio de Zavala et al. (2018), quienes determinaron similar superioridad de carbono almacenado en el sistema edáfico. Con dicho resultado se resalta la necesidad de estrategias de manejo enfocadas en mejorar y mantener la salud del suelo, como la adición de compost, la no perturbación del suelo y la implementación de prácticas agroforestales respecto a mantener la riqueza de especies vegetales según lo encontrado por Hernández-Núñez et al. (2021) quienes reportaron familias vegetales como Salicaceae, Euphorbiaceae, Sapindaceae, Myrtaceae, Rutaceae, Sapotaceae, Lamiaceae, Melastomataceae, Malvaceae, Bignonaceae, Lauaceae y en mayor cantidad Fabaceae, los cuales suelen favorecer la retención de carbono. Estas medidas no solo mejorarían la capacidad de las plantaciones de *C. arabica* para capturar carbono, sino que también contribuirían a la estabilidad del ecosistema y la sostenibilidad a largo plazo en contextos de cambio climático.

El estudio sobre el carbono almacenado en plantaciones de *C. arabica* a lo largo de gradientes altitudinales muestra una correlación negativa y significativa entre la altitud y las variables clave de almacenamiento de carbono: la parte aérea del *C. arabica*, las raíces, el carbono orgánico del suelo y el carbono total de la plantación, todas con un coeficiente de correlación de 0,9 (**Tabla 9**). Este alto valor refleja una relación inversa clara, donde a medida que aumenta la altitud, la capacidad de las plantas para almacenar carbono disminuye considerablemente. Esto sugiere que las condiciones ambientales propias de las mayores altitudes, como la menor temperatura y mayor humedad, pueden estar limitando el crecimiento vegetativo del *C. arabica*, lo que impacta directamente en su biomasa aérea y subterránea, y, por ende, en su capacidad de captura de carbono.

En cuanto a las raíces, el mismo patrón de correlación negativa indica que el sistema radicular también se ve vinculada a la altitud (**Tabla 9**). Las raíces del *C. arabica* no solo desempeñan un papel crucial en la fijación de carbono subterráneo, sino que también están asociadas a la salud general de la planta y su capacidad de acceder a nutrientes en diferentes tipos de suelo. Una menor densidad de raíces en altitudes más elevadas podría reflejar una adaptación a condiciones más limitantes, lo que reduce la capacidad de estas plantaciones para almacenar carbono en suelos.

La correlación negativa observada con el carbono orgánico del suelo es igualmente importante. El suelo en altitudes más bajas parece tener una mayor capacidad de retener carbono orgánico (**Tabla 9**), probablemente debido a una mayor producción de biomasa y una descomposición más eficiente de la materia orgánica en ambientes más

cálidos. Esto subraya la importancia de las interacciones entre la planta y el suelo para el secuestro de carbono, donde las condiciones a menor altitud favorecen una mayor acumulación de materia orgánica. Resultado similar lo registraron Jurado et al. (2020) debido a que hubo correlación inversa entre gradiente altitudinal y COS, pero fue diferente respecto al carbono total del sistema, ya que encontraron mayor carbono almacenado en plantaciones de *C. arabica* ubicados a altitudes superiores a los 1800 msnm, comportamiento atribuido a que en dichas altitudes generalmente los agricultores optaban a tener plantaciones asociadas a diversas especies forestales que cumplían la función de abastecer de sombra con la cual también se mantenían el carbono almacenado en dichos árboles.

Tabla 9. Relación entre el carbono almacenado con la gradiente altitudinal en plantaciones de *C. arabica*.

Variables (tC/ha)	Gradiente altitudinal (msnm)		
	N	Coefficiente de correlación (Rho)	Sig. (bilateral)
Hojarasca y herbácea	5	0,300	0,624
Parte aérea del árbol	5	0,500	0,391
Árbol caído	5	-0,224	0,718
Raíz del árbol	5	0,500	0,391
Parte aérea del <i>C. arabica</i>	5	-0,900*	0,037
Raíz del <i>C. arabica</i>	5	-0,900*	0,037
COS	5	-0,900*	0,037
Carbono total	5	-0,900*	0,037

*Existe relación estadística y significativa.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis de las plantas de *C. arabica* revela variaciones significativas en el diámetro del tallo y la biomasa, destacando un rango de desarrollo que sugiere influencias del manejo agrícola y condiciones ambientales. Asimismo, las texturas y propiedades químicas del suelo, variando con la altitud posiblemente vienen afectando el crecimiento. Estos hallazgos subrayan la necesidad de ajustar las prácticas de manejo para optimizar el rendimiento del cultivo.
2. El almacenamiento de carbono en parcelas de *C. arabica* a distintas altitudes muestra que el suelo es el principal reservorio de carbono, representando el 97,62% del total. Las raíces de los árboles y del *C. arabica* contribuyen en menor proporción (1,90% y 0,48% respectivamente), resaltando la importancia de sistemas agroforestales para mejorar el secuestro de carbono.
3. El almacenamiento de carbono en los componentes aéreos de las plantaciones de *C. arabica* varía según la altitud y la vegetación. Los árboles son los principales reservorios, acumulando el 56,13% del carbono, seguidos por las plantas de *C. arabica* con 12,30%. La gestión sostenible que integra restos vegetales mejora la captura de carbono y la salud del ecosistema.
4. El estudio sobre el almacenamiento de carbono en plantaciones de *C. arabica* indica que el 89,31% del carbono se encuentra en el suelo, mientras que solo el 10,66% está en la biomasa aérea. Esta disparidad resalta la importancia del manejo del suelo y su calidad para la sostenibilidad y eficiencia del secuestro de carbono. La altitud se correlaciona negativamente la capacidad de las plantas para almacenar carbono, evidenciando que condiciones ambientales en mayores altitudes limitan el crecimiento y la biomasa de las plantas de *C. arabica*.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar estudios de caracterización de los cafetales en la provincia de Pachitea con fines de tener definido las variedades con las que se cuente, la edad de establecimiento y las dimensiones diametrales con las cuales se pudiera estimar mejor la biomasa acumulada en esta especie agronómica.
2. Realizar estudios a nivel explicativo donde se uniformicen parcelas y se someta al análisis las gradientes altitudinales con fines de conocer la relación causal de esta característica fisiográfica.
3. Realizar otros estudios relacionales del carbono almacenado donde se consideren más factores edáficos y climáticos, debido a que en la Provincia Pachitea registra mucha variabilidad de los factores indicados.

VII. REFERENCIAS

- Aguirre-Cadena, J. F., Cadena-Iñiguez, J., Ramírez-Valverde, B., Trejo-Téllez, B. I., Juárez Sánchez, J. P., y Morales-Flores, F. J. (2016). Diversificación de cultivos en fincas cafetaleras como estrategia de desarrollo. Caso de Amatlán. *Acta Universitaria*, 26(1), 30-38.
- Andrade, H. J., Segura, M. A., Feria, M., & Suárez, W. (2016). Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Líbano, Tolima, Colombia. *Agroforestry Systems*, 92(3), 775-784. DOI: 10.1007/s10457-016-0047-4
- Arango, Á. M., Dossman, M. Á., Muñoz, J., Bueno, L., Arias, J. J., Camargo, J. C., y Maya, J. M. (2020). Los servicios ecosistémicos desde la percepción de los productores de café de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(2), 81-94. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.3443>
- Asase, A., & Tetteh, D. A. (2015). Tree diversity, carbon stocks, and soil nutrients in cocoa-dominated and mixed food crops agroforestry systems compared to natural forest in Southeast Ghana. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(1), 96-113. DOI: 10.1080/21683565.2015.1110223
- Asner, G. P., Martin, R. E., Anderson, C. B., Kryston, K., Vaughn, N., Knapp, D. E., Bentley, L. P., Shenkin, A., Salinas, N., Sinca, F., Tupayachi, R., Quispe, K., Montoya, M., Ccori, F. D., Díaz, S., Enquist, B. J., & Malhi, Y. (2017). Scale dependence of canopy trait distributions along a tropical forest elevation gradient. *New Phytologist*, 214(3), 973-988. doi: 10.1111/nph.14068
- Bahar, N. H., Ishida, F. Y., Weerasinghe, L. K., Guerrieri, R., O'Sullivan, O. S., Bloomfield, K. J., Asner, G. P., Martin, R. E., Lloyd, J., Malhi, Y., Phillips, O. L., Meir, P., Salinas, N., Cosio, E. G., Domingues, T. F., Quesada, C. A., Sinca, F., Escudero, A., Zuloaga, P. P., Del Aguila-Pasquel, J., Quispe, K., Cuba, I., Butrón, R., Pelaez, Y., Huaman, J., Long, B. M., Evans, J. R., & Atkin, O. K. (2017). Leaf-level photosynthetic capacity in lowland Amazonian and high-elevation Andean tropical moist forests of Peru. *New Phytol.*, 214(3), 1002-1018. doi: 10.1111/nph.14079
- Baldos, A. P., Corre, M. D., & Veldkamp, E. (2015). Response of N cycling to nutrient inputs in forest soils across a 1000–3000 m elevation gradient in the Ecuadorian Andes. *Ecology*, 96(3), 749- 761. doi: 10.1890/14-0295.1

- Botero, J. E., Lentijo, M. G., y Sánchez, M. L. (2014). Biodiversidad en zonas Cafeteras de Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 444, 1-12. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/469/1/avt0444.pdf>
- Brown, S., Schroeder, P., & Birdsey, R. (1997). Aboveground bio-mass distribution of US eastern hardwood forests and the use of large trees as an indicator of forest development. *For. Ecol. Manage.*, 96, 37-47.
- Cairns, M., Brown, S., Helmer, E. H., & Baumgardner, G. A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111, 1-11.
- Cardoso, I. M., Muggler, C. C., Fávero, C., Mendonça, E. S., Senna, O. T., Lima, A. C. R., Casalinho, H. D., y Fernandes, R. B. A. (2018). Resignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis. In: *Coleção Transição Agroecológica*, volume 4: Solos e Agroecologia. Embrapa e Associação Brasileira de Agroecologia, 376 p.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2011). *Manual y Procedimientos para el Muestreo de Campo (Re-Muestreo 2011). Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Comisión Nacional Forestal. https://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2011/03/Sampling_Manual-Remuestreo-Conafor-INFyS.pdf
- De la Cruz-Amo, L., Bañares-de-Dios, G., Cala, V., Granzow-de la Cerda, I., Espinosa, C. I., Ledo, A., Salinas, N., Macía, M. J., & Cayuela, L. (2020). Trade Offs Among Aboveground, Belowground, and Soil Organic Carbon Stocks Along Altitudinal Gradients in Andean Tropical Montane Forests. *Frontiers in Plant Science*, 11,106. doi: 10.3389/fpls.2020.00106
- Duarte, E. M., Cardoso, I. M., Stijnen, T., Mendonça, M. A. F., Coelho, M. S., Cantarutti, R. B. & Mendonça, E. S. (2013). Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 87(4), 835-847.
- Espinoza, W., Krishnamurthy, L., Vázquez, A., y Torres, A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revista Chapingo Seria Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVIII(1), 57–70. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.04.030>
- Flórez, C. P., Ibarra, L. N., Gómez, L. F., Carmona, C. Y., Castaño, Á., y Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano. *Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura Cenicafé*, 1, 123-168. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_08

- Garrido, A. M. (2016). *Carbono almacenado de acuerdo al tipo de cobertura y la gradiente altitudinal en la provincia de Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1712>
- Gobierno Regional de Huánuco [GOREHCO]. (2016). *Zonificación ecológica y económica. Estudio climático. GOREHCO.* <https://es.scribd.com/document/464059433/Clima-Pachitea-pdf>
- Gomes, L. C., & Cardoso, I. M. (2021). Papel da agricultura familiar no sequestro de carbono e na adaptação às mudanças climáticas. *Ciência e Cultura*, 73(1), 40-43. <https://dx.doi.org/10.21800/2317-66602021000100008>
- Gomes, L.C., Cardoso, I. M., de Sá Mendonça, E., Fernandes, R. B. A., Lopes, V. S., & Oliveira, T. S. (2016). Trees modify the dynamics of soil CO₂ efflux in coffee agroforestry systems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 224, 30-39.
- González, M., y Serna, C. A. (2018). Servicios ecosistémicos potenciales en el sector cafetero Colombiano. *Cenicafe*, 69(2), 34-46. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc069%2802%29035-046.pdf>
- Grando, V. B., Nogueira Junior, L. R., Tosto, S. G., Mendes, A. M. y Ferreira, R. R. M. (2022). Espacialização do estoque de carbono na bacia hidrográfica do Rio Dourado em Apuí/AM. In: *16º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2022* 30 e 31 de agosto de 2022. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1146295>
- Hamek, (2022). *Informe de identificación de sitios contaminados – Central Hidroeléctrica Chaglla.* CTGEGH. [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2_%20Expediente\(2\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2_%20Expediente(2).pdf)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Mc Graw Hill.
- Hernández-Núñez, H. E., Andrade, H. J., Suárez-Salazar, J. C., Sánchez, J. R., Gutiérrez, D. R., Gutiérrez-García, G. A., Trujillo-Trujillo, E., & Casanoves, F. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69(1), 352-368. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Honório, M. (2013). *Estoque de carbono no solo e fluxo de gases de efeito estufa no cultivo do café* [Universidade de São Paulo, Tesis Doctoral]. Repositorio institucional USP.

- https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-07052013-103343/publico/Maisa_Honorio_Belizario_versao_revisada.pdf
- Jaramillo, Á., Ramírez, V., y Arcila, J. (2011). Distribución de la lluvia clave para planificar labores en el cultivo del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafe*, 411, 1-8. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/326/1/avt0411.pdf>
- Jurado, M. A., Ordóñez, H. R., y Lagos, T. C. (2020). Evaluación de la captura de carbono en sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.), Consacá, Nariño, Colombia. *Revista Luna Azul*, 51(1), 166-181. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.51.9>
- Márquez, J. E., Rodríguez, M. N., García, J. L., Sánchez, J., y Tinoco, J. Á. (2022). Impacto del manejo de agroecosistemas cafetaleros en la calidad del suelo en las cuatro estaciones del año en Tlapacoyan, Veracruz. *Ciencia ergo sum*, 29(2), e163. <https://doi.org/10.30878/ces.v29n2a8>
- Marroquín, P., Jiménez, J., Yerena, J. I., y Sandoval, R. (2024). Almacenamiento de carbono en *Coffea arabica* L. en la Sierra Madre de Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(2), e3315. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i2.3315>
- Masuhara, A., Valdés, E., Pérez, J., Gutiérrez, D., Vázquez, J. C., Salcedo, E. S., Juárez, M. J., y Merino, A. (2015). Carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(1), 66-93.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2018). *Proyecto: “Instalación del servicio de agua potable y saneamiento básico en el caserío de Santa Rita Baja, distrito de Chaglla, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco”*. código SNIP N° 295838. <https://es.scribd.com/document/600583464/Estudio-de-Topografia-de-Santa-Rita-Baja>
- Mogollón, J. P., Rivas, W., Martínez, A., Campos, Y., y Márquez, E. (2015). Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Multiciencias*, 15(3), 271-280. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90444727005.pdf>
- Murga-Orrillo, H., Coronado, M. F., Abanto-Rodríguez, C., y De Almeida, F. (2021). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Madera y bosques*, 27(3), e2732271. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732271>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.

- Oliveira, A. C. C. (2013). *Agroforestry systems with coffee: fixation and neutralization of carbon and other ecosystem services* [Tesis de Maestría, Universidade Federal de Viçosa]. Repositorio institucional UFV.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Protecting ecosystem services and biodiversity: FAO's mission and solutions*. FAO. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/en/>
- Ovalle, O. (2016). *Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café en Costa Rica*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/7b6f222f-4f07-45f4-aaff-d04d3086045b/content>
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC]. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- Paz, F., Salas, V., Sánchez, C., Libert, A., y Bolaños, M. A. (2022). Caracterización de los almacenes de carbono, estructura y diversidad de los cafetales bajo sombra y vegetación natural en la sierra madre de Chiapas, México. *Elementos para Políticas Públicas*, 6(2), 101-121. <https://www.elementospolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/46/45>
- Poeplau, C., Vos C., & Don, A. (2017). Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameter's bulk density and rock fragment content. *Soil*, 3, 61-66.
- Programa Mexicano del Carbono [PMC]. (2015). *Manual de Procedimientos Inventario de Carbono+*. Estudio de Factibilidad Técnica para el Pago de Bonos de Carbono en el Estado de México (RETUS con BASES EDOMEX). <https://pmcarbono.org/pmc/publicaciones/manuales.php>
- Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press.
- Rojas-García, F., De Jong, B. H. J., Martínez-Zurimendi, P., & Paz-Pellat, F. (2015). Database of 478 allometric equations to estimate biomass for Mexican trees and forests. *Annals of Forest Science*, 72, 835-864.
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A. I., Valdés-Velarde, E., Escamilla-Prado, E., 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), Artículo 48671. doi:10.15517/am.v33i3.48671
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. *Avances técnicos Cenicafe*, 466,1-12. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/704/1/avt0466.pdf>
- Salas, C., Montes, K., Sánchez-Sancán, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., e Iglesias-Abad, S. (2020). Influencia del gradiente altitudinal sobre la estimación del carbono almacenado en biomasa aérea viva y en suelos del "Bosque y vegetación protector El Artesan - EcuadorianHands". Joa, Jipijapa. *Ecosistemas*, 29(2), 1-9. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1973>
- Schmidt, Y., Chuquilin, E., Puerta, R. (2013). Servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha. *Investigación y Amazonía*, 3(1), 60-66. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/download/86/70>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2022). *Condiciones climáticas, hidrológicas y ambientales en la región Huánuco, Ucayali y provincia de Tocache (Perú)*. Dirección Zonal 10. Boletín Técnico. Tingo María, Perú.
- Soto-Pinto, L., Anzueto, M., Mendoza, J., Ferrer, G. J., & de Jong, B. (2010). Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 78(1), 39-51. DOI: 10.1007/s10457-009-9247-5
- Stout, B., Lal, R., y Monger, C. (2016). Captura y secuestro de carbono: el papel de la agricultura y los suelos. *Revista Internacional de Ingeniería Agrícola y Biológica*, 9(1), 1-8.
- Supo, J. A., y Zacarías, H. R. (2020). *Metodología de la investigación científica para las ciencias de la salud, las ciencias sociales y las ingenierías*. Bioestadístico EEDU EIRL.
- Tacuche, B. (2020). *El biohuerto escolar como proyecto educativo para la mejora de los aprendizajes de problemas aritméticos de enunciados verbales en estudiantes de primaria, Institución Educativa N° 32615 Santa Rita Alta – Chaglla – Panao – Huánuco – 2018* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional UNMSM. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15621/Tacuche_ab.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- The Nature Conservancy & Amazon Conservation Team. (2019). *Protocolo para la estimación y el monitoreo del carbono en coberturas forestales y no forestales de*

- Colombia. https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/AFC_Protocolo_Carbono_Pagina_Baja.pdf
- Valdés-Velarde, E., Vázquez-Domínguez, L. P., Tinoco-Rueda, J. Á., Sánchez-Hernández, R., Salcedo-Pérez, E., & Lagunes-Fortiz, E. (2022). Servicio ecosistémico de carbono almacenado en cafetales bajo sombra en sistema agroforestal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *13*(spe28), 287-297. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3283>
- Van Wagner, C. E. (1968). The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science*, *14*, 20-26.
- Vázquez-Sánchez, M., Terrazas, T., y Arias, S. (2012). El hábito y la forma de crecimiento en la tribu Cactaceae (Cactaceae Cactoideae). *Botanical Sciences*, *90*, 97-108
- Villa, P. M., Martins, S. V., de Oliveira Neto, S. N., Rodrigues, A. C., Hernández, E. P., & Kim, D. G. (2020). Policy forum: Shifting cultivation and agroforestry in the Amazon: Premises for REDD+. *Forest Policy and Economics*, *118*. DOI: 10.1016/j.forpol.2020.102217
- Warren, W. G., & Olsen, P. F. (1964). A line intersect technique for assessing logging waste. *Forest Science*, *10*, 267-276.
- Wartenberg, A. C., Blaser, W. J., Gattinger, A., Roshetko, J. M., Van, M., & Six, J. (2017). Does shade tree diversity increase soil fertility in cocoa plantations? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *248*, 190-199. DOI: 10.1016/j.agee.2017.07.033
- Zavala, J. W., Zavala, S. L., y Mansilla, L. G. (2018). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un sistema agroforestal del cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. *Investigación y Amazonía*, *8*(5), 1-8. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/200/183>

ANEXOS

Anexo A. Matriz de datos

Tabla 10. Matriz de datos del diámetro y la biomasa estimada del café en las cinco parcelas.

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
1	1	1	14	4,46	1,15	0,39
1	1	2	11	3,50	0,71	0,26
1	1	3	11	3,50	0,71	0,26
1	1	4	13	4,14	0,99	0,34
1	1	5	11	3,50	0,71	0,26
1	1	6	13	4,14	0,99	0,34
1	1	7	11	3,50	0,71	0,26
1	2	1	14	4,46	1,15	0,39
1	2	2	11	3,50	0,71	0,26
1	2	3	11	3,50	0,71	0,26
1	2	4	13	4,14	0,99	0,34
1	2	5	13	4,14	0,99	0,34
1	2	6	14	4,46	1,15	0,39
1	2	7	11	3,50	0,71	0,26
1	2	8	11	3,50	0,71	0,26
1	2	9	14	4,46	1,15	0,39
1	2	10	11	3,50	0,71	0,26
1	2	11	11	3,50	0,71	0,26
1	2	12	14	4,46	1,15	0,39
1	2	13	14	4,46	1,15	0,39
1	2	14	11	3,50	0,71	0,26
1	2	15	11	3,50	0,71	0,26
1	2	16	13	4,14	0,99	0,34
1	2	17	11	3,50	0,71	0,26
1	2	18	13	4,14	0,99	0,34
1	2	19	11	3,50	0,71	0,26
1	2	20	14	4,46	1,15	0,39
1	2	21	11	3,50	0,71	0,26
1	2	22	11	3,50	0,71	0,26
1	2	23	13	4,14	0,99	0,34
1	2	24	13	4,14	0,99	0,34
1	2	25	14	4,46	1,15	0,39
1	2	26	11	3,50	0,71	0,26
1	2	27	11	3,50	0,71	0,26
1	2	28	14	4,46	1,15	0,39
1	2	29	11	3,50	0,71	0,26
1	2	30	11	3,50	0,71	0,26
1	2	31	14	4,46	1,15	0,39
1	2	32	14	4,46	1,15	0,39
1	2	33	11	3,50	0,71	0,26
1	2	34	11	3,50	0,71	0,26
1	2	35	13	4,14	0,99	0,34
1	2	36	11	3,50	0,71	0,26

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
1	2	37	13	4,14	0,99	0,34
1	2	38	11	3,50	0,71	0,26
1	2	39	14	4,46	1,15	0,39
1	2	40	11	3,50	0,71	0,26
1	2	41	11	3,50	0,71	0,26
1	2	42	13	4,14	0,99	0,34
1	2	43	13	4,14	0,99	0,34
1	2	44	14	4,46	1,15	0,39
1	2	45	11	3,50	0,71	0,26
1	2	46	11	3,50	0,71	0,26
1	2	47	14	4,46	1,15	0,39
1	2	48	11	3,50	0,71	0,26
1	2	49	11	3,50	0,71	0,26
1	2	50	14	4,46	1,15	0,39
1	2	51	14	4,46	1,15	0,39
1	2	52	11	3,50	0,71	0,26
1	2	53	11	3,50	0,71	0,26
1	2	54	13	4,14	0,99	0,34
1	2	55	11	3,50	0,71	0,26
1	2	56	13	4,14	0,99	0,34
1	2	57	11	3,50	0,71	0,26
1	2	58	14	4,46	1,15	0,39
1	2	59	11	3,50	0,71	0,26
1	2	60	11	3,50	0,71	0,26
1	2	61	13	4,14	0,99	0,34
1	2	62	13	4,14	0,99	0,34
1	2	63	14	4,46	1,15	0,39
1	2	64	11	3,50	0,71	0,26
1	2	65	11	3,50	0,71	0,26
1	2	66	14	4,46	1,15	0,39
1	2	67	11	3,50	0,71	0,26
1	2	68	11	3,50	0,71	0,26
1	2	69	14	4,46	1,15	0,39
1	2	70	14	4,46	1,15	0,39
1	2	71	11	3,50	0,71	0,26
1	2	72	11	3,50	0,71	0,26
1	2	73	13	4,14	0,99	0,34
1	2	74	11	3,50	0,71	0,26
1	2	75	13	4,14	0,99	0,34
1	2	76	11	3,50	0,71	0,26
1	3	1	14	4,46	1,15	0,39
1	3	2	11	3,50	0,71	0,26
1	3	3	11	3,50	0,71	0,26
1	3	4	13	4,14	0,99	0,34
1	3	5	11	3,50	0,71	0,26
1	3	6	13	4,14	0,99	0,34
1	3	7	13	4,14	0,99	0,34

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
1	3	8	14	4,46	1,15	0,39
1	3	9	11	3,50	0,71	0,26
1	3	10	11	3,50	0,71	0,26
1	3	11	14	4,46	1,15	0,39
1	3	12	11	3,50	0,71	0,26
1	3	13	11	3,50	0,71	0,26
1	3	14	14	4,46	1,15	0,39
1	3	15	14	4,46	1,15	0,39
1	3	16	11	3,50	0,71	0,26
1	3	17	11	3,50	0,71	0,26
1	3	18	13	4,14	0,99	0,34
1	3	19	11	3,50	0,71	0,26
1	3	20	13	4,14	0,99	0,34
1	3	21	11	3,50	0,71	0,26
1	3	22	14	4,46	1,15	0,39
1	3	23	11	3,50	0,71	0,26
1	3	24	11	3,50	0,71	0,26
1	3	25	13	4,14	0,99	0,34
1	3	26	13	4,14	0,99	0,34
1	3	27	14	4,46	1,15	0,39
1	3	28	11	3,50	0,71	0,26
1	3	29	11	3,50	0,71	0,26
1	3	30	14	4,46	1,15	0,39
1	3	31	11	3,50	0,71	0,26
1	3	32	11	3,50	0,71	0,26
1	3	33	14	4,46	1,15	0,39
1	3	34	14	4,46	1,15	0,39
1	3	35	11	3,50	0,71	0,26
1	3	36	11	3,50	0,71	0,26
1	3	37	13	4,14	0,99	0,34
1	3	38	11	3,50	0,71	0,26
1	3	39	13	4,14	0,99	0,34
1	3	40	11	3,50	0,71	0,26
1	3	41	14	4,46	1,15	0,39
1	3	42	11	3,50	0,71	0,26
1	3	43	11	3,50	0,71	0,26
1	3	44	13	4,14	0,99	0,34
1	3	45	13	4,14	0,99	0,34
1	3	46	14	4,46	1,15	0,39
1	3	47	11	3,50	0,71	0,26
1	3	48	11	3,50	0,71	0,26
1	3	49	14	4,46	1,15	0,39
1	3	50	11	3,50	0,71	0,26
1	3	51	11	3,50	0,71	0,26
1	3	52	14	4,46	1,15	0,39
1	3	53	14	4,46	1,15	0,39
1	3	54	11	3,50	0,71	0,26

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
1	3	55	11	3,50	0,71	0,26
1	3	56	13	4,14	0,99	0,34
1	3	57	11	3,50	0,71	0,26
1	3	58	13	4,14	0,99	0,34
1	3	59	11	3,50	0,71	0,26
1	3	60	14	4,46	1,15	0,39
1	3	61	11	3,50	0,71	0,26
1	3	62	11	3,50	0,71	0,26
1	3	63	13	4,14	0,99	0,34
1	3	64	13	4,14	0,99	0,34
1	3	65	14	4,46	1,15	0,39
1	3	66	11	3,50	0,71	0,26
1	3	67	11	3,50	0,71	0,26
1	3	68	14	4,46	1,15	0,39
1	3	69	11	3,50	0,71	0,26
1	3	70	11	3,50	0,71	0,26
1	3	71	13	4,14	0,99	0,34
1	3	72	13	4,14	0,99	0,34
1	3	73	14	4,46	1,15	0,39
1	3	74	11	3,50	0,71	0,26
1	3	75	11	3,50	0,71	0,26
1	3	76	14	4,46	1,15	0,39
1	3	77	11	3,50	0,71	0,26
1	3	78	11	3,50	0,71	0,26
1	3	79	14	4,46	1,15	0,39
1	3	80	14	4,46	1,15	0,39
1	3	81	11	3,50	0,71	0,26
1	3	82	11	3,50	0,71	0,26
1	3	83	13	4,14	0,99	0,34
1	3	84	11	3,50	0,71	0,26
1	3	85	13	4,14	0,99	0,34
1	3	86	11	3,50	0,71	0,26
1	3	87	14	4,46	1,15	0,39
1	3	88	11	3,50	0,71	0,26
1	3	89	11	3,50	0,71	0,26
1	3	90	13	4,14	0,99	0,34
1	3	91	13	4,14	0,99	0,34
1	3	92	14	4,46	1,15	0,39
1	3	93	11	3,50	0,71	0,26
1	3	94	11	3,50	0,71	0,26
1	3	95	14	4,46	1,15	0,39
1	3	96	11	3,50	0,71	0,26
1	3	97	11	3,50	0,71	0,26
1	3	98	14	4,46	1,15	0,39
1	3	99	14	4,46	1,15	0,39
1	3	100	11	3,50	0,71	0,26
1	3	101	11	3,50	0,71	0,26

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
1	3	102	13	4,14	0,99	0,34
1	3	103	11	3,50	0,71	0,26
1	3	104	13	4,14	0,99	0,34
1	3	105	11	3,50	0,71	0,26
1	3	106	14	4,46	1,15	0,39
1	3	107	11	3,50	0,71	0,26
1	3	108	11	3,50	0,71	0,26
1	3	109	13	4,14	0,99	0,34
1	3	110	13	4,14	0,99	0,34
1	3	111	14	4,46	1,15	0,39
1	3	112	11	3,50	0,71	0,26
1	3	113	11	3,50	0,71	0,26
1	3	114	14	4,46	1,15	0,39
1	3	115	11	3,50	0,71	0,26
1	3	116	11	3,50	0,71	0,26
1	3	117	14	4,46	1,15	0,39
1	3	118	14	4,46	1,15	0,39
1	3	119	11	3,50	0,71	0,26
1	3	120	11	3,50	0,71	0,26
1	3	121	13	4,14	0,99	0,34
1	3	122	11	3,50	0,71	0,26
1	3	123	13	4,14	0,99	0,34
1	3	124	11	3,50	0,71	0,26
1	3	125	14	4,46	1,15	0,39
1	3	126	11	3,50	0,71	0,26
1	3	127	11	3,50	0,71	0,26
1	3	128	13	4,14	0,99	0,34
1	3	129	13	4,14	0,99	0,34
1	3	130	14	4,46	1,15	0,39
1	3	131	11	3,50	0,71	0,26
1	3	132	11	3,50	0,71	0,26
1	3	133	14	4,46	1,15	0,39
1	3	134	11	3,50	0,71	0,26
1	3	135	11	3,50	0,71	0,26
1	3	136	14	4,46	1,15	0,39
1	3	137	14	4,46	1,15	0,39
1	3	138	11	3,50	0,71	0,26
1	3	139	11	3,50	0,71	0,26
1	3	140	13	4,14	0,99	0,34
1	3	141	11	3,50	0,71	0,26
1	3	142	13	4,14	0,99	0,34
1	3	143	11	3,50	0,71	0,26
2	1	1	11	3,50	0,71	0,26
2	1	2	12	3,82	0,84	0,30
2	1	3	21	6,68	2,73	0,84
2	1	4	13	4,14	0,99	0,34
2	1	5	19	6,05	2,20	0,70

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	1	6	22	7,00	3,02	0,92
2	1	7	16	5,09	1,52	0,50
2	2	1	13	4,14	0,99	0,34
2	2	2	17	5,41	1,73	0,56
2	2	3	13	4,14	0,99	0,34
2	2	4	16	5,09	1,52	0,50
2	2	5	15	4,77	1,32	0,44
2	2	6	14	4,46	1,15	0,39
2	2	7	14	4,46	1,15	0,39
2	2	8	20	6,37	2,46	0,77
2	2	9	17	5,41	1,73	0,56
2	2	10	13	4,14	0,99	0,34
2	2	11	16	5,09	1,52	0,50
2	2	12	16	5,09	1,52	0,50
2	2	13	18	5,73	1,95	0,63
2	2	14	17	5,41	1,73	0,56
2	2	15	14	4,46	1,15	0,39
2	2	16	15	4,77	1,32	0,44
2	2	17	14	4,46	1,15	0,39
2	2	18	16	5,09	1,52	0,50
2	2	19	14	4,46	1,15	0,39
2	2	20	14	4,46	1,15	0,39
2	2	21	16	5,09	1,52	0,50
2	2	22	14	4,46	1,15	0,39
2	2	23	16	5,09	1,52	0,50
2	2	24	16	5,09	1,52	0,50
2	2	25	14	4,46	1,15	0,39
2	2	26	13	4,14	0,99	0,34
2	2	27	11	3,50	0,71	0,26
2	2	28	13	4,14	0,99	0,34
2	2	29	19	6,05	2,20	0,70
2	2	30	13	4,14	0,99	0,34
2	2	31	14	4,46	1,15	0,39
2	2	32	13	4,14	0,99	0,34
2	2	33	16	5,09	1,52	0,50
2	2	34	16	5,09	1,52	0,50
2	2	35	11	3,50	0,71	0,26
2	2	36	12	3,82	0,84	0,30
2	2	37	14	4,46	1,15	0,39
2	2	38	13	4,14	0,99	0,34
2	2	39	22	7,00	3,02	0,92

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	2	40	13	4,14	0,99	0,34
2	2	41	15	4,77	1,32	0,44
2	2	42	14	4,46	1,15	0,39
2	2	43	18	5,73	1,95	0,63
2	2	44	11	3,50	0,71	0,26
2	2	45	17	5,41	1,73	0,56
2	2	46	15	4,77	1,32	0,44
2	2	47	15	4,77	1,32	0,44
2	2	48	14	4,46	1,15	0,39
2	2	49	14	4,46	1,15	0,39
2	2	50	12	3,82	0,84	0,30
2	2	51	13	4,14	0,99	0,34
2	2	52	17	5,41	1,73	0,56
2	2	53	12	3,82	0,84	0,30
2	2	54	16	5,09	1,52	0,50
2	2	55	16	5,09	1,52	0,50
2	2	56	14	4,46	1,15	0,39
2	2	57	16	5,09	1,52	0,50
2	2	58	16	5,09	1,52	0,50
2	2	59	16	5,09	1,52	0,50
2	2	60	14	4,46	1,15	0,39
2	2	61	14	4,46	1,15	0,39
2	2	62	13	4,14	0,99	0,34
2	2	63	13	4,14	0,99	0,34
2	2	64	12	3,82	0,84	0,30
2	2	65	17	5,41	1,73	0,56
2	2	66	16	5,09	1,52	0,50
2	2	67	14	4,46	1,15	0,39
2	2	68	16	5,09	1,52	0,50
2	2	69	15	4,77	1,32	0,44
2	2	70	17	5,41	1,73	0,56
2	2	71	15	4,77	1,32	0,44
2	2	72	14	4,46	1,15	0,39
2	2	73	14	4,46	1,15	0,39
2	2	74	15	4,77	1,32	0,44
2	2	75	15	4,77	1,32	0,44
2	2	76	16	5,09	1,52	0,50
2	2	77	18	5,73	1,95	0,63
2	2	78	16	5,09	1,52	0,50
2	2	79	13	4,14	0,99	0,34
2	2	80	15	4,77	1,32	0,44

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	2	81	14	4,46	1,15	0,39
2	2	82	16	5,09	1,52	0,50
2	2	83	12	3,82	0,84	0,30
2	2	84	24	7,64	3,65	1,09
2	2	85	17	5,41	1,73	0,56
2	2	86	17	5,41	1,73	0,56
2	2	87	15	4,77	1,32	0,44
2	2	88	15	4,77	1,32	0,44
2	2	89	16	5,09	1,52	0,50
2	2	90	14	4,46	1,15	0,39
2	2	91	14	4,46	1,15	0,39
2	2	92	13	4,14	0,99	0,34
2	2	93	14	4,46	1,15	0,39
2	2	94	14	4,46	1,15	0,39
2	2	95	13	4,14	0,99	0,34
2	2	96	17	5,41	1,73	0,56
2	2	97	17	5,41	1,73	0,56
2	2	98	17	5,41	1,73	0,56
2	2	99	13	4,14	0,99	0,34
2	2	100	13	4,14	0,99	0,34
2	2	101	13	4,14	0,99	0,34
2	2	102	19	6,05	2,20	0,70
2	2	103	13	4,14	0,99	0,34
2	2	104	14	4,46	1,15	0,39
2	2	105	17	5,41	1,73	0,56
2	2	106	17	5,41	1,73	0,56
2	2	107	13	4,14	0,99	0,34
2	2	108	13	4,14	0,99	0,34
2	2	109	17	5,41	1,73	0,56
2	2	110	16	5,09	1,52	0,50
2	2	111	15	4,77	1,32	0,44
2	2	112	11	3,50	0,71	0,26
2	2	113	12	3,82	0,84	0,30
2	2	114	16	5,09	1,52	0,50
2	2	115	14	4,46	1,15	0,39
2	3	1	18	5,73	1,95	0,63
2	3	2	15	4,77	1,32	0,44
2	3	3	15	4,77	1,32	0,44
2	3	4	14	4,46	1,15	0,39
2	3	5	15	4,77	1,32	0,44
2	3	6	11	3,50	0,71	0,26

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	3	7	13	4,14	0,99	0,34
2	3	8	16	5,09	1,52	0,50
2	3	9	15	4,77	1,32	0,44
2	3	10	21	6,68	2,73	0,84
2	3	11	11	3,50	0,71	0,26
2	3	12	16	5,09	1,52	0,50
2	3	13	15	4,77	1,32	0,44
2	3	14	15	4,77	1,32	0,44
2	3	15	18	5,73	1,95	0,63
2	3	16	15	4,77	1,32	0,44
2	3	17	15	4,77	1,32	0,44
2	3	18	16	5,09	1,52	0,50
2	3	19	13	4,14	0,99	0,34
2	3	20	18	5,73	1,95	0,63
2	3	21	11	3,50	0,71	0,26
2	3	22	14	4,46	1,15	0,39
2	3	23	15	4,77	1,32	0,44
2	3	24	13	4,14	0,99	0,34
2	3	25	18	5,73	1,95	0,63
2	3	26	13	4,14	0,99	0,34
2	3	27	15	4,77	1,32	0,44
2	3	28	14	4,46	1,15	0,39
2	3	29	16	5,09	1,52	0,50
2	3	30	16	5,09	1,52	0,50
2	3	31	13	4,14	0,99	0,34
2	3	32	15	4,77	1,32	0,44
2	3	33	16	5,09	1,52	0,50
2	3	34	18	5,73	1,95	0,63
2	3	35	13	4,14	0,99	0,34
2	3	36	11	3,50	0,71	0,26
2	3	37	12	3,82	0,84	0,30
2	3	38	16	5,09	1,52	0,50
2	3	39	12	3,82	0,84	0,30
2	3	40	12	3,82	0,84	0,30
2	3	41	15	4,77	1,32	0,44
2	3	42	13	4,14	0,99	0,34
2	3	43	11	3,50	0,71	0,26
2	3	44	14	4,46	1,15	0,39
2	3	45	15	4,77	1,32	0,44
2	3	46	16	5,09	1,52	0,50
2	3	47	14	4,46	1,15	0,39

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	3	48	15	4,77	1,32	0,44
2	3	49	14	4,46	1,15	0,39
2	3	50	14	4,46	1,15	0,39
2	3	51	17	5,41	1,73	0,56
2	3	52	14	4,46	1,15	0,39
2	3	53	13	4,14	0,99	0,34
2	3	54	14	4,46	1,15	0,39
2	3	55	15	4,77	1,32	0,44
2	3	56	15	4,77	1,32	0,44
2	3	57	14	4,46	1,15	0,39
2	3	58	16	5,09	1,52	0,50
2	3	59	14	4,46	1,15	0,39
2	3	60	14	4,46	1,15	0,39
2	3	61	14	4,46	1,15	0,39
2	3	62	14	4,46	1,15	0,39
2	3	63	17	5,41	1,73	0,56
2	3	64	12	3,82	0,84	0,30
2	3	65	13	4,14	0,99	0,34
2	3	66	16	5,09	1,52	0,50
2	3	67	15	4,77	1,32	0,44
2	3	68	16	5,09	1,52	0,50
2	3	69	16	5,09	1,52	0,50
2	3	70	16	5,09	1,52	0,50
2	3	71	15	4,77	1,32	0,44
2	3	72	16	5,09	1,52	0,50
2	3	73	15	4,77	1,32	0,44
2	3	74	11	3,50	0,71	0,26
2	3	75	12	3,82	0,84	0,30
2	3	76	14	4,46	1,15	0,39
2	3	77	11	3,50	0,71	0,26
2	3	78	12	3,82	0,84	0,30
2	3	79	14	4,46	1,15	0,39
2	3	80	14	4,46	1,15	0,39
2	3	81	18	5,73	1,95	0,63
2	3	82	15	4,77	1,32	0,44
2	3	83	17	5,41	1,73	0,56
2	3	84	16	5,09	1,52	0,50
2	3	85	15	4,77	1,32	0,44
2	3	86	19	6,05	2,20	0,70
2	3	87	10	3,18	0,60	0,22
2	3	88	17	5,41	1,73	0,56

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	3	89	14	4,46	1,15	0,39
2	3	90	16	5,09	1,52	0,50
2	3	91	18	5,73	1,95	0,63
2	3	92	15	4,77	1,32	0,44
2	3	93	14	4,46	1,15	0,39
2	3	94	12	3,82	0,84	0,30
2	3	95	16	5,09	1,52	0,50
2	3	96	17	5,41	1,73	0,56
2	3	97	13	4,14	0,99	0,34
2	3	98	17	5,41	1,73	0,56
2	3	99	13	4,14	0,99	0,34
2	3	100	12	3,82	0,84	0,30
2	3	101	13	4,14	0,99	0,34
2	3	102	10	3,18	0,60	0,22
2	3	103	14	4,46	1,15	0,39
2	3	104	14	4,46	1,15	0,39
2	3	105	11	3,50	0,71	0,26
2	3	106	14	4,46	1,15	0,39
2	3	107	14	4,46	1,15	0,39
2	3	108	15	4,77	1,32	0,44
2	3	109	15	4,77	1,32	0,44
2	3	110	15	4,77	1,32	0,44
2	3	111	11	3,50	0,71	0,26
2	3	112	13	4,14	0,99	0,34
2	3	113	13	4,14	0,99	0,34
2	3	114	18	5,73	1,95	0,63
2	3	115	19	6,05	2,20	0,70
2	3	116	17	5,41	1,73	0,56
2	3	117	17	5,41	1,73	0,56
2	3	118	16	5,09	1,52	0,50
2	3	119	16	5,09	1,52	0,50
2	3	120	15	4,77	1,32	0,44
2	3	121	16	5,09	1,52	0,50
2	3	122	16	5,09	1,52	0,50
2	3	123	13	4,14	0,99	0,34
2	3	124	20	6,37	2,46	0,77
2	3	125	14	4,46	1,15	0,39
2	3	126	15	4,77	1,32	0,44
2	3	127	14	4,46	1,15	0,39
2	3	128	19	6,05	2,20	0,70
2	3	129	15	4,77	1,32	0,44

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
2	3	130	16	5,09	1,52	0,50
2	3	131	18	5,73	1,95	0,63
2	3	132	17	5,41	1,73	0,56
2	3	133	16	5,09	1,52	0,50
2	3	134	13	4,14	0,99	0,34
2	3	135	14	4,46	1,15	0,39
2	3	136	18	5,73	1,95	0,63
2	3	137	11	3,50	0,71	0,26
2	3	138	15	4,77	1,32	0,44
2	3	139	16	5,09	1,52	0,50
2	3	140	15	4,77	1,32	0,44
2	3	141	17	5,41	1,73	0,56
2	3	142	15	4,77	1,32	0,44
2	3	143	14	4,46	1,15	0,39
2	3	144	15	4,77	1,32	0,44
2	3	145	15	4,77	1,32	0,44
2	3	146	14	4,46	1,15	0,39
2	3	147	14	4,46	1,15	0,39
2	3	148	12	3,82	0,84	0,30
2	3	149	18	5,73	1,95	0,63
2	3	150	18	5,73	1,95	0,63
3	1	1	13	4,14	0,99	0,34
3	1	2	10	3,18	0,60	0,22
3	1	3	10	3,18	0,60	0,22
3	1	4	10	3,18	0,60	0,22
3	1	5	14	4,46	1,15	0,39
3	1	6	10	3,18	0,60	0,22
3	2	1	10	3,18	0,60	0,22
3	2	2	11	3,50	0,71	0,26
3	2	3	11	3,50	0,71	0,26
3	2	4	12	3,82	0,84	0,30
3	2	5	10	3,18	0,60	0,22
3	2	6	11	3,50	0,71	0,26
3	2	7	10	3,18	0,60	0,22
3	2	8	10	3,18	0,60	0,22
3	2	9	10	3,18	0,60	0,22
3	2	10	10	3,18	0,60	0,22
3	2	11	13	4,14	0,99	0,34
3	2	12	14	4,46	1,15	0,39
3	2	13	14	4,46	1,15	0,39
3	2	14	14	4,46	1,15	0,39
3	2	15	11	3,50	0,71	0,26
3	2	16	10	3,18	0,60	0,22
3	2	17	12	3,82	0,84	0,30

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
3	2	18	11	3,50	0,71	0,26
3	2	19	12	3,82	0,84	0,30
3	2	20	10	3,18	0,60	0,22
3	2	21	10	3,18	0,60	0,22
3	2	22	13	4,14	0,99	0,34
3	2	23	11	3,50	0,71	0,26
3	2	24	12	3,82	0,84	0,30
3	2	25	10	3,18	0,60	0,22
3	2	26	11	3,50	0,71	0,26
3	2	27	10	3,18	0,60	0,22
3	2	28	10	3,18	0,60	0,22
3	2	29	10	3,18	0,60	0,22
3	2	30	10	3,18	0,60	0,22
3	2	31	13	4,14	0,99	0,34
3	2	32	14	4,46	1,15	0,39
3	2	33	14	4,46	1,15	0,39
3	2	34	14	4,46	1,15	0,39
3	2	35	11	3,50	0,71	0,26
3	2	36	10	3,18	0,60	0,22
3	2	37	12	3,82	0,84	0,30
3	2	38	11	3,50	0,71	0,26
3	2	39	12	3,82	0,84	0,30
3	2	40	10	3,18	0,60	0,22
3	2	41	10	3,18	0,60	0,22
3	2	42	13	4,14	0,99	0,34
3	2	43	11	3,50	0,71	0,26
3	2	44	12	3,82	0,84	0,30
3	2	45	10	3,18	0,60	0,22
3	2	46	11	3,50	0,71	0,26
3	2	47	10	3,18	0,60	0,22
3	2	48	10	3,18	0,60	0,22
3	2	49	10	3,18	0,60	0,22
3	2	50	10	3,18	0,60	0,22
3	2	51	13	4,14	0,99	0,34
3	2	52	14	4,46	1,15	0,39
3	2	53	14	4,46	1,15	0,39
3	2	54	14	4,46	1,15	0,39
3	2	55	11	3,50	0,71	0,26
3	2	56	10	3,18	0,60	0,22
3	2	57	12	3,82	0,84	0,30
3	2	58	11	3,50	0,71	0,26
3	2	59	12	3,82	0,84	0,30
3	2	60	10	3,18	0,60	0,22
3	2	61	10	3,18	0,60	0,22
3	2	62	13	4,14	0,99	0,34
3	2	63	11	3,50	0,71	0,26
3	2	64	12	3,82	0,84	0,30

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
3	2	65	10	3,18	0,60	0,22
3	2	66	11	3,50	0,71	0,26
3	2	67	10	3,18	0,60	0,22
3	2	68	10	3,18	0,60	0,22
3	2	69	10	3,18	0,60	0,22
3	2	70	10	3,18	0,60	0,22
3	2	71	13	4,14	0,99	0,34
3	2	72	14	4,46	1,15	0,39
3	2	73	14	4,46	1,15	0,39
3	2	74	14	4,46	1,15	0,39
3	2	75	11	3,50	0,71	0,26
3	2	76	10	3,18	0,60	0,22
3	2	77	12	3,82	0,84	0,30
3	2	78	11	3,50	0,71	0,26
3	2	79	12	3,82	0,84	0,30
3	2	80	10	3,18	0,60	0,22
3	2	81	10	3,18	0,60	0,22
3	2	82	13	4,14	0,99	0,34
3	3	1	10	3,18	0,60	0,22
3	3	2	11	3,50	0,71	0,26
3	3	3	11	3,50	0,71	0,26
3	3	4	12	3,82	0,84	0,30
3	3	5	10	3,18	0,60	0,22
3	3	6	11	3,50	0,71	0,26
3	3	7	10	3,18	0,60	0,22
3	3	8	10	3,18	0,60	0,22
3	3	9	10	3,18	0,60	0,22
3	3	10	10	3,18	0,60	0,22
3	3	11	13	4,14	0,99	0,34
3	3	12	14	4,46	1,15	0,39
3	3	13	14	4,46	1,15	0,39
3	3	14	14	4,46	1,15	0,39
3	3	15	11	3,50	0,71	0,26
3	3	16	10	3,18	0,60	0,22
3	3	17	12	3,82	0,84	0,30
3	3	18	11	3,50	0,71	0,26
3	3	19	12	3,82	0,84	0,30
3	3	20	10	3,18	0,60	0,22
3	3	21	10	3,18	0,60	0,22
3	3	22	13	4,14	0,99	0,34
3	3	23	12	3,82	0,84	0,30
3	3	24	10	3,18	0,60	0,22
3	3	25	11	3,50	0,71	0,26
3	3	26	10	3,18	0,60	0,22
3	3	27	10	3,18	0,60	0,22
3	3	28	10	3,18	0,60	0,22
3	3	29	10	3,18	0,60	0,22

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
3	3	30	13	4,14	0,99	0,34
3	3	31	14	4,46	1,15	0,39
3	3	32	14	4,46	1,15	0,39
3	3	33	14	4,46	1,15	0,39
3	3	34	11	3,50	0,71	0,26
3	3	35	10	3,18	0,60	0,22
3	3	36	12	3,82	0,84	0,30
3	3	37	11	3,50	0,71	0,26
3	3	38	12	3,82	0,84	0,30
3	3	39	10	3,18	0,60	0,22
3	3	40	10	3,18	0,60	0,22
3	3	41	13	4,14	0,99	0,34
3	3	42	12	3,82	0,84	0,30
3	3	43	10	3,18	0,60	0,22
3	3	44	11	3,50	0,71	0,26
3	3	45	10	3,18	0,60	0,22
3	3	46	10	3,18	0,60	0,22
3	3	47	10	3,18	0,60	0,22
3	3	48	10	3,18	0,60	0,22
3	3	49	13	4,14	0,99	0,34
3	3	50	14	4,46	1,15	0,39
3	3	51	14	4,46	1,15	0,39
3	3	52	14	4,46	1,15	0,39
3	3	53	11	3,50	0,71	0,26
3	3	54	10	3,18	0,60	0,22
3	3	55	12	3,82	0,84	0,30
3	3	56	11	3,50	0,71	0,26
3	3	57	12	3,82	0,84	0,30
3	3	58	10	3,18	0,60	0,22
3	3	59	10	3,18	0,60	0,22
3	3	60	13	4,14	0,99	0,34
3	3	61	12	3,82	0,84	0,30
3	3	62	10	3,18	0,60	0,22
3	3	63	11	3,50	0,71	0,26
3	3	64	10	3,18	0,60	0,22
3	3	65	10	3,18	0,60	0,22
3	3	66	10	3,18	0,60	0,22
3	3	67	10	3,18	0,60	0,22
3	3	68	13	4,14	0,99	0,34
3	3	69	14	4,46	1,15	0,39
3	3	70	14	4,46	1,15	0,39
3	3	71	14	4,46	1,15	0,39
3	3	72	11	3,50	0,71	0,26
3	3	73	10	3,18	0,60	0,22
3	3	74	12	3,82	0,84	0,30
3	3	75	11	3,50	0,71	0,26
3	3	76	12	3,82	0,84	0,30

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
3	3	77	10	3,18	0,60	0,22
3	3	78	10	3,18	0,60	0,22
3	3	79	13	4,14	0,99	0,34
3	3	80	10	3,18	0,60	0,22
3	3	81	11	3,50	0,71	0,26
3	3	82	11	3,50	0,71	0,26
3	3	83	12	3,82	0,84	0,30
3	3	84	10	3,18	0,60	0,22
3	3	85	11	3,50	0,71	0,26
3	3	86	10	3,18	0,60	0,22
3	3	87	10	3,18	0,60	0,22
3	3	88	10	3,18	0,60	0,22
3	3	89	10	3,18	0,60	0,22
3	3	90	13	4,14	0,99	0,34
3	3	91	14	4,46	1,15	0,39
3	3	92	14	4,46	1,15	0,39
3	3	93	14	4,46	1,15	0,39
3	3	94	11	3,50	0,71	0,26
3	3	95	10	3,18	0,60	0,22
3	3	96	12	3,82	0,84	0,30
3	3	97	11	3,50	0,71	0,26
3	3	98	12	3,82	0,84	0,30
3	3	99	10	3,18	0,60	0,22
3	3	100	10	3,18	0,60	0,22
3	3	101	13	4,14	0,99	0,34
3	3	102	12	3,82	0,84	0,30
3	3	103	10	3,18	0,60	0,22
3	3	104	11	3,50	0,71	0,26
3	3	105	10	3,18	0,60	0,22
3	3	106	10	3,18	0,60	0,22
3	3	107	10	3,18	0,60	0,22
3	3	108	10	3,18	0,60	0,22
3	3	109	13	4,14	0,99	0,34
3	3	110	14	4,46	1,15	0,39
3	3	111	14	4,46	1,15	0,39
3	3	112	14	4,46	1,15	0,39
3	3	113	11	3,50	0,71	0,26
3	3	114	10	3,18	0,60	0,22
3	3	115	12	3,82	0,84	0,30
3	3	116	11	3,50	0,71	0,26
3	3	117	12	3,82	0,84	0,30
3	3	118	10	3,18	0,60	0,22
3	3	119	10	3,18	0,60	0,22
3	3	120	13	4,14	0,99	0,34
3	3	121	12	3,82	0,84	0,30
3	3	122	10	3,18	0,60	0,22
3	3	123	11	3,50	0,71	0,26

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
3	3	124	10	3,18	0,60	0,22
3	3	125	10	3,18	0,60	0,22
3	3	126	10	3,18	0,60	0,22
3	3	127	10	3,18	0,60	0,22
3	3	128	13	4,14	0,99	0,34
3	3	129	14	4,46	1,15	0,39
3	3	130	14	4,46	1,15	0,39
3	3	131	14	4,46	1,15	0,39
3	3	132	11	3,50	0,71	0,26
3	3	133	10	3,18	0,60	0,22
3	3	134	12	3,82	0,84	0,30
3	3	135	11	3,50	0,71	0,26
3	3	136	12	3,82	0,84	0,30
3	3	137	10	3,18	0,60	0,22
3	3	138	10	3,18	0,60	0,22
3	3	139	13	4,14	0,99	0,34
3	3	140	12	3,82	0,84	0,30
3	3	141	10	3,18	0,60	0,22
3	3	142	11	3,50	0,71	0,26
3	3	143	10	3,18	0,60	0,22
3	3	144	10	3,18	0,60	0,22
3	3	145	10	3,18	0,60	0,22
3	3	146	10	3,18	0,60	0,22
3	3	147	13	4,14	0,99	0,34
3	3	148	14	4,46	1,15	0,39
3	3	149	14	4,46	1,15	0,39
3	3	150	14	4,46	1,15	0,39
4	1	1	9	2,86	0,50	0,19
4	1	2	8	2,55	0,42	0,16
4	1	3	13	4,14	0,99	0,34
4	1	4	12	3,82	0,84	0,30
4	1	5	13	4,14	0,99	0,34
4	1	6	12	3,82	0,84	0,30
4	2	1	8	2,55	0,42	0,16
4	2	2	7	2,23	0,36	0,14
4	2	3	13	4,14	0,99	0,34
4	2	4	12	3,82	0,84	0,30
4	2	5	13	4,14	0,99	0,34
4	2	6	12	3,82	0,84	0,30
4	2	7	9	2,86	0,50	0,19
4	2	8	8	2,55	0,42	0,16
4	2	9	13	4,14	0,99	0,34
4	2	10	12	3,82	0,84	0,30
4	2	11	13	4,14	0,99	0,34
4	2	12	12	3,82	0,84	0,30
4	2	13	7	2,23	0,36	0,14
4	2	14	13	4,14	0,99	0,34

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
4	2	15	12	3,82	0,84	0,30
4	2	16	13	4,14	0,99	0,34
4	2	17	12	3,82	0,84	0,30
4	2	18	9	2,86	0,50	0,19
4	2	19	13	4,14	0,99	0,34
4	2	20	12	3,82	0,84	0,30
4	2	21	13	4,14	0,99	0,34
4	2	22	12	3,82	0,84	0,30
4	2	23	8	2,55	0,42	0,16
4	2	24	7	2,23	0,36	0,14
4	2	25	13	4,14	0,99	0,34
4	2	26	12	3,82	0,84	0,30
4	2	27	13	4,14	0,99	0,34
4	2	28	12	3,82	0,84	0,30
4	2	29	9	2,86	0,50	0,19
4	2	30	8	2,55	0,42	0,16
4	2	31	13	4,14	0,99	0,34
4	2	32	12	3,82	0,84	0,30
4	2	33	13	4,14	0,99	0,34
4	2	34	12	3,82	0,84	0,30
4	2	35	7	2,23	0,36	0,14
4	2	36	13	4,14	0,99	0,34
4	2	37	12	3,82	0,84	0,30
4	2	38	13	4,14	0,99	0,34
4	2	39	12	3,82	0,84	0,30
4	2	40	9	2,86	0,50	0,19
4	2	41	13	4,14	0,99	0,34
4	2	42	12	3,82	0,84	0,30
4	2	43	13	4,14	0,99	0,34
4	2	44	12	3,82	0,84	0,30
4	2	45	8	2,55	0,42	0,16
4	2	46	7	2,23	0,36	0,14
4	2	47	13	4,14	0,99	0,34
4	2	48	12	3,82	0,84	0,30
4	2	49	13	4,14	0,99	0,34
4	2	50	12	3,82	0,84	0,30
4	2	51	9	2,86	0,50	0,19
4	2	52	8	2,55	0,42	0,16
4	2	53	13	4,14	0,99	0,34
4	2	54	12	3,82	0,84	0,30
4	2	55	13	4,14	0,99	0,34
4	2	56	12	3,82	0,84	0,30
4	2	57	7	2,23	0,36	0,14
4	2	58	13	4,14	0,99	0,34
4	2	59	12	3,82	0,84	0,30
4	2	60	13	4,14	0,99	0,34
4	2	61	12	3,82	0,84	0,30

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
4	2	62	9	2,86	0,50	0,19
4	2	63	13	4,14	0,99	0,34
4	2	64	12	3,82	0,84	0,30
4	2	65	13	4,14	0,99	0,34
4	2	66	12	3,82	0,84	0,30
4	3	1	8	2,55	0,42	0,16
4	3	2	9	2,86	0,50	0,19
4	3	3	13	4,14	0,99	0,34
4	3	4	12	3,82	0,84	0,30
4	3	5	13	4,14	0,99	0,34
4	3	6	12	3,82	0,84	0,30
4	3	7	11	3,50	0,71	0,26
4	3	8	8	2,55	0,42	0,16
4	3	9	7	2,23	0,36	0,14
4	3	10	13	4,14	0,99	0,34
4	3	11	12	3,82	0,84	0,30
4	3	12	13	4,14	0,99	0,34
4	3	13	12	3,82	0,84	0,30
4	3	14	9	2,86	0,50	0,19
4	3	15	8	2,55	0,42	0,16
4	3	16	13	4,14	0,99	0,34
4	3	17	12	3,82	0,84	0,30
4	3	18	13	4,14	0,99	0,34
4	3	19	12	3,82	0,84	0,30
4	3	20	7	2,23	0,36	0,14
4	3	21	13	4,14	0,99	0,34
4	3	22	12	3,82	0,84	0,30
4	3	23	13	4,14	0,99	0,34
4	3	24	12	3,82	0,84	0,30
4	3	25	9	2,86	0,50	0,19
4	3	26	13	4,14	0,99	0,34
4	3	27	12	3,82	0,84	0,30
4	3	28	13	4,14	0,99	0,34
4	3	29	12	3,82	0,84	0,30
4	3	30	8	2,55	0,42	0,16
4	3	31	7	2,23	0,36	0,14
4	3	32	13	4,14	0,99	0,34
4	3	33	12	3,82	0,84	0,30
4	3	34	13	4,14	0,99	0,34
4	3	35	12	3,82	0,84	0,30
4	3	36	9	2,86	0,50	0,19
4	3	37	8	2,55	0,42	0,16
4	3	38	13	4,14	0,99	0,34
4	3	39	12	3,82	0,84	0,30
4	3	40	13	4,14	0,99	0,34
4	3	41	12	3,82	0,84	0,30
4	3	42	7	2,23	0,36	0,14

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
4	3	43	13	4,14	0,99	0,34
4	3	44	12	3,82	0,84	0,30
4	3	45	13	4,14	0,99	0,34
4	3	46	12	3,82	0,84	0,30
4	3	47	9	2,86	0,50	0,19
4	3	48	13	4,14	0,99	0,34
4	3	49	12	3,82	0,84	0,30
4	3	50	13	4,14	0,99	0,34
4	3	51	12	3,82	0,84	0,30
4	3	52	8	2,55	0,42	0,16
4	3	53	7	2,23	0,36	0,14
4	3	54	13	4,14	0,99	0,34
4	3	55	12	3,82	0,84	0,30
4	3	56	13	4,14	0,99	0,34
4	3	57	12	3,82	0,84	0,30
4	3	58	9	2,86	0,50	0,19
4	3	59	8	2,55	0,42	0,16
4	3	60	13	4,14	0,99	0,34
4	3	61	12	3,82	0,84	0,30
4	3	62	13	4,14	0,99	0,34
4	3	63	12	3,82	0,84	0,30
4	3	64	7	2,23	0,36	0,14
4	3	65	13	4,14	0,99	0,34
4	3	66	12	3,82	0,84	0,30
4	3	67	13	4,14	0,99	0,34
4	3	68	12	3,82	0,84	0,30
4	3	69	9	2,86	0,50	0,19
4	3	70	13	4,14	0,99	0,34
4	3	71	12	3,82	0,84	0,30
4	3	72	13	4,14	0,99	0,34
4	3	73	12	3,82	0,84	0,30
4	3	74	8	2,55	0,42	0,16
4	3	75	7	2,23	0,36	0,14
4	3	76	13	4,14	0,99	0,34
4	3	77	12	3,82	0,84	0,30
4	3	78	13	4,14	0,99	0,34
4	3	79	12	3,82	0,84	0,30
4	3	80	9	2,86	0,50	0,19
4	3	81	8	2,55	0,42	0,16
4	3	82	13	4,14	0,99	0,34
4	3	83	12	3,82	0,84	0,30
4	3	84	13	4,14	0,99	0,34
4	3	85	12	3,82	0,84	0,30
4	3	86	7	2,23	0,36	0,14
4	3	87	13	4,14	0,99	0,34
4	3	88	12	3,82	0,84	0,30
4	3	89	13	4,14	0,99	0,34

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
4	3	90	12	3,82	0,84	0,30
4	3	91	9	2,86	0,50	0,19
4	3	92	13	4,14	0,99	0,34
4	3	93	12	3,82	0,84	0,30
4	3	94	13	4,14	0,99	0,34
4	3	95	12	3,82	0,84	0,30
4	3	96	8	2,55	0,42	0,16
4	3	97	7	2,23	0,36	0,14
4	3	98	13	4,14	0,99	0,34
4	3	99	12	3,82	0,84	0,30
4	3	100	13	4,14	0,99	0,34
4	3	101	12	3,82	0,84	0,30
4	3	102	9	2,86	0,50	0,19
4	3	103	8	2,55	0,42	0,16
4	3	104	13	4,14	0,99	0,34
4	3	105	12	3,82	0,84	0,30
4	3	106	13	4,14	0,99	0,34
4	3	107	12	3,82	0,84	0,30
4	3	108	7	2,23	0,36	0,14
4	3	109	13	4,14	0,99	0,34
4	3	110	12	3,82	0,84	0,30
4	3	111	13	4,14	0,99	0,34
4	3	112	12	3,82	0,84	0,30
4	3	113	9	2,86	0,50	0,19
4	3	114	13	4,14	0,99	0,34
4	3	115	12	3,82	0,84	0,30
4	3	116	13	4,14	0,99	0,34
4	3	117	12	3,82	0,84	0,30
4	3	118	8	2,55	0,42	0,16
4	3	119	7	2,23	0,36	0,14
4	3	120	13	4,14	0,99	0,34
4	3	121	12	3,82	0,84	0,30
4	3	122	13	4,14	0,99	0,34
4	3	123	12	3,82	0,84	0,30
4	3	124	9	2,86	0,50	0,19
4	3	125	8	2,55	0,42	0,16
4	3	126	13	4,14	0,99	0,34
4	3	127	12	3,82	0,84	0,30
4	3	128	13	4,14	0,99	0,34
4	3	129	12	3,82	0,84	0,30
4	3	130	7	2,23	0,36	0,14
4	3	131	13	4,14	0,99	0,34
4	3	132	12	3,82	0,84	0,30
4	3	133	13	4,14	0,99	0,34
4	3	134	12	3,82	0,84	0,30
4	3	135	9	2,86	0,50	0,19
4	3	136	13	4,14	0,99	0,34

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
4	3	137	12	3,82	0,84	0,30
4	3	138	13	4,14	0,99	0,34
4	3	139	12	3,82	0,84	0,30
5	1	1	10	3,18	0,60	0,22
5	1	2	8	2,55	0,42	0,16
5	1	3	11	3,50	0,71	0,26
5	1	4	9	2,86	0,50	0,19
5	1	5	12	3,82	0,84	0,30
5	1	6	11	3,50	0,71	0,26
5	1	7	12	3,82	0,84	0,30
5	2	1	6	1,91	0,31	0,12
5	2	2	10	3,18	0,60	0,22
5	2	3	8	2,55	0,42	0,16
5	2	4	10	3,18	0,60	0,22
5	2	5	15	4,77	1,32	0,44
5	2	6	12	3,82	0,84	0,30
5	2	7	10	3,18	0,60	0,22
5	2	8	9	2,86	0,50	0,19
5	2	9	9	2,86	0,50	0,19
5	2	10	8	2,55	0,42	0,16
5	2	11	10	3,18	0,60	0,22
5	2	12	11	3,50	0,71	0,26
5	2	13	9	2,86	0,50	0,19
5	2	14	12	3,82	0,84	0,30
5	2	15	16	5,09	1,52	0,50
5	2	16	9	2,86	0,50	0,19
5	2	17	10	3,18	0,60	0,22
5	2	18	8	2,55	0,42	0,16
5	2	19	10	3,18	0,60	0,22
5	2	20	10	3,18	0,60	0,22
5	2	21	11	3,50	0,71	0,26
5	2	22	24	7,64	3,65	1,09
5	2	23	18	5,73	1,95	0,63
5	2	24	10	3,18	0,60	0,22
5	2	25	14	4,46	1,15	0,39
5	2	26	16	5,09	1,52	0,50
5	2	27	8	2,55	0,42	0,16
5	2	28	14	4,46	1,15	0,39
5	2	29	14	4,46	1,15	0,39
5	2	30	12	3,82	0,84	0,30
5	2	31	11	3,50	0,71	0,26
5	2	32	14	4,46	1,15	0,39
5	2	33	10	3,18	0,60	0,22
5	2	34	15	4,77	1,32	0,44
5	2	35	17	5,41	1,73	0,56
5	2	36	18	5,73	1,95	0,63
5	2	37	10	3,18	0,60	0,22

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
5	2	38	15	4,77	1,32	0,44
5	2	39	12	3,82	0,84	0,30
5	2	40	18	5,73	1,95	0,63
5	2	41	20	6,37	2,46	0,77
5	2	42	10	3,18	0,60	0,22
5	2	43	11	3,50	0,71	0,26
5	2	44	15	4,77	1,32	0,44
5	2	45	16	5,09	1,52	0,50
5	2	46	16	5,09	1,52	0,50
5	2	47	13	4,14	0,99	0,34
5	2	48	9	2,86	0,50	0,19
5	2	49	26	8,28	4,35	1,27
5	2	50	15	4,77	1,32	0,44
5	2	51	12	3,82	0,84	0,30
5	2	52	11	3,50	0,71	0,26
5	2	53	10	3,18	0,60	0,22
5	2	54	11	3,50	0,71	0,26
5	2	55	12	3,82	0,84	0,30
5	2	56	9	2,86	0,50	0,19
5	2	57	10	3,18	0,60	0,22
5	2	58	11	3,50	0,71	0,26
5	2	59	9	2,86	0,50	0,19
5	2	60	10	3,18	0,60	0,22
5	2	61	11	3,50	0,71	0,26
5	2	62	10	3,18	0,60	0,22
5	2	63	9	2,86	0,50	0,19
5	2	64	8	2,55	0,42	0,16
5	2	65	9	2,86	0,50	0,19
5	2	66	16	5,09	1,52	0,50
5	2	67	10	3,18	0,60	0,22
5	2	68	20	6,37	2,46	0,77
5	2	69	10	3,18	0,60	0,22
5	2	70	12	3,82	0,84	0,30
5	2	71	9	2,86	0,50	0,19
5	2	72	10	3,18	0,60	0,22
5	2	73	9	2,86	0,50	0,19
5	2	74	10	3,18	0,60	0,22
5	2	75	11	3,50	0,71	0,26
5	2	76	12	3,82	0,84	0,30
5	2	77	13	4,14	0,99	0,34
5	2	78	10	3,18	0,60	0,22
5	2	79	13	4,14	0,99	0,34
5	2	80	9	2,86	0,50	0,19
5	2	81	13	4,14	0,99	0,34
5	2	82	12	3,82	0,84	0,30
5	2	83	8	2,55	0,42	0,16
5	2	84	13	4,14	0,99	0,34

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
5	2	85	13	4,14	0,99	0,34
5	2	86	18	5,73	1,95	0,63
5	2	87	5	1,59	0,28	0,11
5	2	88	12	3,82	0,84	0,30
5	3	1	12	3,82	0,84	0,30
5	3	2	15	4,77	1,32	0,44
5	3	3	11	3,50	0,71	0,26
5	3	4	10	3,18	0,60	0,22
5	3	5	5	1,59	0,28	0,11
5	3	6	8	2,55	0,42	0,16
5	3	7	15	4,77	1,32	0,44
5	3	8	6	1,91	0,31	0,12
5	3	9	8	2,55	0,42	0,16
5	3	10	10	3,18	0,60	0,22
5	3	11	8	2,55	0,42	0,16
5	3	12	13	4,14	0,99	0,34
5	3	13	15	4,77	1,32	0,44
5	3	14	15	4,77	1,32	0,44
5	3	15	12	3,82	0,84	0,30
5	3	16	12	3,82	0,84	0,30
5	3	17	14	4,46	1,15	0,39
5	3	18	15	4,77	1,32	0,44
5	3	19	10	3,18	0,60	0,22
5	3	20	6	1,91	0,31	0,12
5	3	21	9	2,86	0,50	0,19
5	3	22	9	2,86	0,50	0,19
5	3	23	8	2,55	0,42	0,16
5	3	24	9	2,86	0,50	0,19
5	3	25	12	3,82	0,84	0,30
5	3	26	10	3,18	0,60	0,22
5	3	27	14	4,46	1,15	0,39
5	3	28	8	2,55	0,42	0,16
5	3	29	12	3,82	0,84	0,30
5	3	30	12	3,82	0,84	0,30
5	3	31	9	2,86	0,50	0,19
5	3	32	9	2,86	0,50	0,19
5	3	33	8	2,55	0,42	0,16
5	3	34	9	2,86	0,50	0,19
5	3	35	13	4,14	0,99	0,34
5	3	36	10	3,18	0,60	0,22
5	3	37	11	3,50	0,71	0,26
5	3	38	9	2,86	0,50	0,19
5	3	39	12	3,82	0,84	0,30
5	3	40	10	3,18	0,60	0,22
5	3	41	13	4,14	0,99	0,34
5	3	42	15	4,77	1,32	0,44
5	3	43	8	2,55	0,42	0,16

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
5	3	44	11	3,50	0,71	0,26
5	3	45	9	2,86	0,50	0,19
5	3	46	15	4,77	1,32	0,44
5	3	47	10	3,18	0,60	0,22
5	3	48	13	4,14	0,99	0,34
5	3	49	8	2,55	0,42	0,16
5	3	50	10	3,18	0,60	0,22
5	3	51	15	4,77	1,32	0,44
5	3	52	10	3,18	0,60	0,22
5	3	53	8	2,55	0,42	0,16
5	3	54	10	3,18	0,60	0,22
5	3	55	15	4,77	1,32	0,44
5	3	56	10	3,18	0,60	0,22
5	3	57	11	3,50	0,71	0,26
5	3	58	14	4,46	1,15	0,39
5	3	59	11	3,50	0,71	0,26
5	3	60	12	3,82	0,84	0,30
5	3	61	9	2,86	0,50	0,19
5	3	62	9	2,86	0,50	0,19
5	3	63	12	3,82	0,84	0,30
5	3	64	15	4,77	1,32	0,44
5	3	65	8	2,55	0,42	0,16
5	3	66	10	3,18	0,60	0,22
5	3	67	12	3,82	0,84	0,30
5	3	68	8	2,55	0,42	0,16
5	3	69	9	2,86	0,50	0,19
5	3	70	15	4,77	1,32	0,44
5	3	71	12	3,82	0,84	0,30
5	3	72	13	4,14	0,99	0,34
5	3	73	11	3,50	0,71	0,26
5	3	74	12	3,82	0,84	0,30
5	3	75	14	4,46	1,15	0,39
5	3	76	11	3,50	0,71	0,26
5	3	77	12	3,82	0,84	0,30
5	3	78	11	3,50	0,71	0,26
5	3	79	9	2,86	0,50	0,19
5	3	80	8	2,55	0,42	0,16
5	3	81	10	3,18	0,60	0,22
5	3	82	8	2,55	0,42	0,16
5	3	83	8	2,55	0,42	0,16
5	3	84	8	2,55	0,42	0,16
5	3	85	12	3,82	0,84	0,30
5	3	86	10	3,18	0,60	0,22
5	3	87	11	3,50	0,71	0,26
5	3	88	10	3,18	0,60	0,22
5	3	89	11	3,50	0,71	0,26
5	3	90	16	5,09	1,52	0,50

Parcela	Subp.	Planta	Circ. (cm)	Diámetro (cm)	B. aérea (kg)	B. radicular (kg)
5	3	91	18	5,73	1,95	0,63
5	3	92	10	3,18	0,60	0,22
5	3	93	15	4,77	1,32	0,44
5	3	94	12	3,82	0,84	0,30
5	3	95	10	3,18	0,60	0,22
5	3	96	10	3,18	0,60	0,22
5	3	97	12	3,82	0,84	0,30
5	3	98	14	4,46	1,15	0,39
5	3	99	9	2,86	0,50	0,19
5	3	100	12	3,82	0,84	0,30
5	3	101	15	4,77	1,32	0,44
5	3	102	6	1,91	0,31	0,12
5	3	103	8	2,55	0,42	0,16
5	3	104	10	3,18	0,60	0,22
5	3	105	15	4,77	1,32	0,44
5	3	106	9	2,86	0,50	0,19
5	3	107	8	2,55	0,42	0,16
5	3	108	8	2,55	0,42	0,16
5	3	109	8	2,55	0,42	0,16
5	3	110	13	4,14	0,99	0,34
5	3	111	11	3,50	0,71	0,26
5	3	112	8	2,55	0,42	0,16
5	3	113	10	3,18	0,60	0,22
5	3	114	12	3,82	0,84	0,30

Anexo B. Panel de fotografías



Figura 7. Ubicación del punto de muestreo



Figura 8. Construcción del arreglo geométrico del lugar de muestreo



Figura 9. Medición del cuadrante de 0.09 m²



Figura 10. Toma de muestras con el cilindro muestreador.



Figura 11. Medición de diámetro del café



Figura 12. Pesado de la muestra de herbáceas



Figura 13. Medición de plantaciones mayores a 20 cm de diámetro.



Figura 13. Pesado de muestras en el laboratorio

Anexo C. Mapas

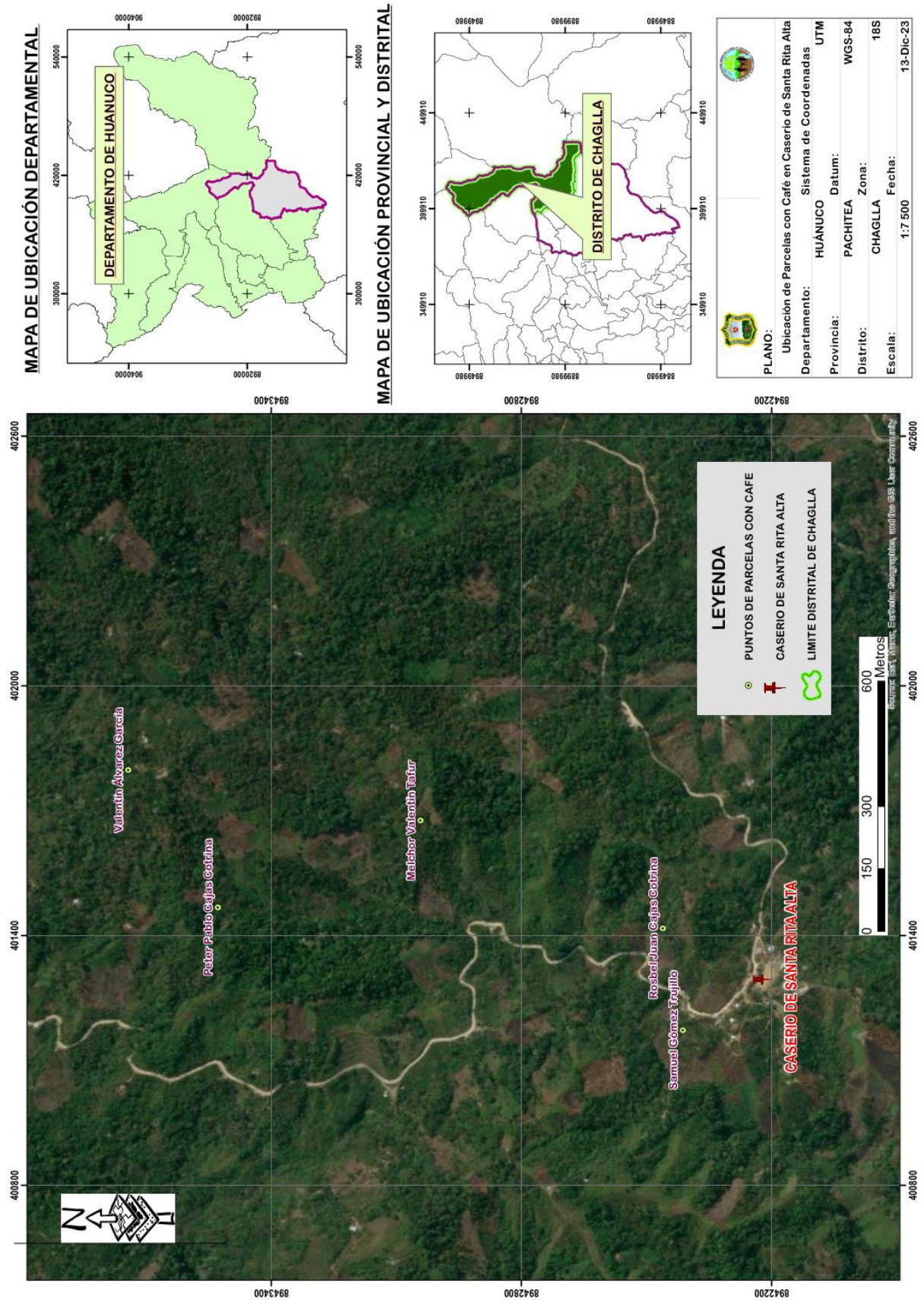


Figura 7. Ubicación de las parcelas con *C. arabica* donde se desarrolló el estudio.

ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:	PABLO CAJAS LlNO
PROCEDENCIA:	SANTA RITA ALTA - CHAGLA - PACHITEA - HUANUCO
RECIBO N°:	45377
FECHA DE REPORTE:	TINGO MARIA 03 DE MAYO 2024

N°	RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO																								
	ANÁLISIS MECÁNICO					ANÁLISIS QUÍMICO																			
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	pH	CE dSm	Materia Orgánica M.O.	N total	C	P	K ₂ O disponible	CIC	CAMBIABLES Cmol(+) / kg					Acidez Cambiable	Bases Cambiables	Saturación de Aluminio				
			Ao %	Arc %	Lo %									Ca	Mg	K	Na	Al				H	CiCe		
					1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%
1	S24-257	PARCELA 1	53	27	20	4.40	0.442	3.19	0.159	1.850	1.019	107.236	--	6.814	0.323	0.132	0.102	0.180	2.660	10.212	72.188	27.812	1.763		
2	S24-258	PARCELA 2	31	19	50	4.40	0.121	2.09	0.104	1.210	3.321	43.138	--	3.770	0.448	0.125	0.117	0.983	1.190	6.632	67.243	32.757	14.814		
3	S24-259	PARCELA 3	29	43	28	4.57	0.298	2.39	0.120	1.388	10.781	117.422	--	4.540	0.657	0.205	0.143	0.810	0.920	7.275	76.218	23.782	11.135		
4	S24-260	PARCELA 4	21	33	46	5.31	0.148	2.09	0.104	1.210	4.058	47.247	--	3.387	0.502	0.151	0.132	0.225	0.200	4.598	90.757	9.243	4.893		
5	S24-261	PARCELA 5	61	25	14	5.21	0.193	2.64	0.132	1.530	12.439	104.792	--	4.806	0.585	0.180	0.118	2.145	10.075	56.475	43.525	21.291			

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPARQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 8. Reporte del análisis de los suelos de cada parcela en estudio.