



## Estudio comparativo de captura de carbono mediante el cálculo de la biomasa aérea total entre plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “guaba” en suelos ex cocalos en Tingo Maria

Comparative study of carbon sequestration by calculating the total aboveground biomass between plantations of *Inga edulis* C. Martius “guaba” in former coca fields in Tingo Maria

Estudo comparativo do sequestro de carbono através do cálculo da biomassa total acima do solo entre plantações de *Inga edulis* C. Martius “guaba” em antigos campos de coca em Tingo Maria

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.363>

José Kalion Guerra Lu<sup>1</sup>   
guerralu2@yahoo.com

Juan Erick Pérez Peña<sup>1</sup>   
jepp0207@gmail.com

Krystell Fiorela Marlix Cristancho Ariza<sup>1</sup>   
krystellcristanchoariza@gmail.com

Leiwer Flores Flores<sup>2</sup>   
lflores@unc.edu.pe

Alan Guillermo Gallo Álvarez<sup>3</sup>   
agalvarez@unaaa.edu.pe

Idda Brenda Vela Marin<sup>3</sup>   
iddabrendaa@gmail.com

<sup>1</sup>Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas. Yurimaguas, Perú

Artículo recibido: 13 de marzo 2025 / Arbitrado: 21 de abril 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

### RESUMEN

La captura y almacenamiento de carbono es reconocida internacionalmente como una estrategia fundamental para mitigar el cambio climático y alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. **Objetivo:** Evaluar el almacenamiento de carbono en plantaciones de *Inga edulis* C. Martius mediante el cálculo de la biomasa aérea total, comparando incrementos en diferentes periodos de crecimiento a los 2, 4 y 6 años en Tingo María. **Metodología:** El enfoque es cuantitativo, tipo descriptivo y comparativo. La población compuesta por nueve parcelas muestreadas. Para recoger la información, se sacó el promedio para la biomasa de los árboles talados según edad y el promedio del número de árboles por parcela. **Los resultados** promedios del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea total en *Inga edulis* C. Martius muestra una tendencia al aumento en 2, 4 y 6 años de siembra, teniendo para el tronco: 67.04, 206.48, 477.92 kg/ parcela respectivamente de biomasa húmeda y de 38.37, 118.18, 273.55 kg/parcela de biomasa seca; para las ramas de 11.62, 16.14, 28.82kg/parcela de biomasa húmeda y de 5.72, 7.95, 14.19 kg/parcela, para biomasa seca; para las hojas 21.5, 40, 54.2 kg/parcela de biomasa húmeda y de 9.59, 17.85, 24.20 kg/parcela de biomasa seca. **Conclusiones:** En la especie evaluada se tiene una tendencia al incremento de la biomasa aérea total almacenada siendo la plantación de 6 años de periodo de siembra la que mayor carbono almacenado presente.

**Palabras clave:** Área; Biomasa; Carbono; Cocal; Plantaciones

### ABSTRACT

Carbon capture and storage is internationally recognized as a fundamental strategy for mitigating climate change and achieving greenhouse gas emission reduction targets. **Objective:** To assess carbon storage in *Inga edulis* C. martius plantations by calculating total aboveground biomass and comparing increases in different growth periods at 2, 4, and 6 years in Tingo María. **Methodology:** The approach is quantitative, descriptive, and comparative. The population comprised nine sampled plots. To collect the information, the average biomass of felled trees by age and the average number of trees per plot were calculated. The average results of carbon storage in the total aboveground biomass in *Inga edulis* C. Martius shows an increasing trend in 2, 4 and 6 years of planting, having for the trunk: 67.04, 206.48, 477.92 kg / plot respectively of wet biomass and 38.37, 118.18, 273.55 kg / plot of dry biomass; for the branches of 11.62, 16.14, 28.82 kg / plot of wet biomass and 5.72, 7.95, 14.19 kg / plot, for dry biomass; for leaves 21.5, 40, 54.2 kg / plot of wet biomass and 9.59, 17.85, 24.20 kg / plot of dry biomass. **Conclusions:** In the evaluated species, there is a tendency for total stored aboveground biomass to increase, with the plantation with a 6-year planting period having the greatest stored carbon.

**Key words:** Area; Biomass; Carbon; Cocal; Plantations

### RESUMO

A captura e o armazenamento de carbono são reconhecidos internacionalmente como uma estratégia fundamental para mitigar as mudanças climáticas e atingir as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa. **Objetivo:** Avaliar o armazenamento de carbono em plantações de *Inga edulis* C. Martius calculando a biomassa total acima do solo, comparando aumentos em diferentes períodos de crescimento em 2, 4 e 6 anos em Tingo Maria. **Metodologia:** A abordagem é quantitativa, descritiva e comparativa. A população foi composta por nove parcelas amostradas. Para coletar as informações, foram calculadas a biomassa média das árvores abatidas de acordo com a idade e o número médio de árvores por parcela. Os resultados médios de armazenamento de carbono na biomassa aérea total em *Inga edulis* C. Martius mostram uma tendência crescente em 2, 4 e 6 anos de plantio, tendo para o tronco: 67,04, 206,48, 477,92 kg/ parcela respectivamente de biomassa úmida e 38,37, 118,18, 273,55 kg/parcela de biomassa seca; para os ramos de 11,62, 16,14, 28,82 kg/parcela de biomassa úmida e 5,72, 7,95, 14,19 kg/parcela, para biomassa seca; para folhas 21,5, 40, 54,2 kg/ parcela de biomassa úmida e 9,59, 17,85, 24,20 kg/parcela de biomassa seca. **Conclusões:** Nas espécies avaliadas, há uma tendência de aumento na biomassa total armazenada acima do solo, sendo o plantio com período de plantio de 6 anos o que apresenta maior carbono armazenado.

**Palavras-chave:** Área; Biomassa; Carbono; Cocal; Plantações

## INTRODUCCIÓN

La captura y almacenamiento de carbono se constituyen internacionalmente como una estrategia fundamental para mitigar el cambio climático y alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Organismos de carácter internacional como la Agencia Internacional de Energía (IEA) (1), destacan que el aprovechamiento de la biomasa a través de tecnologías como la bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCS) permite remover dióxido de carbono de la atmósfera y almacenarlo de manera permanente. Este proceso genera emisiones netas negativas consideradas esenciales para lograr la neutralidad de carbono a nivel global (2).

En este marco, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (3), señala que la combinación de tecnologías de captura de carbono con el manejo sostenible de los recursos forestales contribuye significativamente al equilibrio global de carbono. Este aporte es especialmente relevante mediante el aumento de la biomasa aérea y la restauración de suelos degradados (3), elementos clave para la mitigación climática. Así la gestión forestal sostenible se posiciona como una herramienta estratégica para la reducción de gases de efecto invernadero.

Diversos estudios han evidenciado el manejo adecuado y la expansión de plantaciones

forestales, junto con el uso responsable de biomasa leñosa, pueden incrementar las reservas de carbono en los ecosistemas terrestres y ofrecer beneficios netos en la reducción de emisiones (4). Además, estas prácticas promueven la conservación de la biodiversidad y fortalecen la resiliencia de los sistemas productivos, siempre que se implementen bajo criterios de sostenibilidad y evitando la competencia con la producción de alimentos (2). Por lo tanto, la evaluación del potencial de especies forestales de rápido crecimiento para almacenar carbono resulta clave para el diseño de estrategias de mitigación y restauración ecológica a escala global.

En el contexto peruano, los bosques, específicamente los que están ubicados en la región natural de la selva alta, conocida como Rupa, forman parte de ecosistemas de alta diversidad biológica, pero con una dinámica compleja y frágil (5). En los últimos años, estos ecosistemas han sido afectados por una serie de perturbaciones antrópicas que comprometen su integridad y su funcionalidad, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de restauración basadas en el conocimiento científico para su conservación y manejo.

Como señala Tapia (6), en la región se ha desarrollado una tala indiscriminada, para el aprovechamiento de la madera, seguida del cambio de uso del suelo hacia actividades

agrícolas. Esta práctica, caracterizada por una cultura de tala, rozo y quema, que afectan de manera integral a todo el ecosistema, ocasionando alteraciones en los ciclos hídricos, pérdida de la fertilidad de los suelos, y reducción significativa de la biodiversidad. Además, como indican Conchai et al. (7), estas actividades liberan a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono acumulados durante años en el suelo, contribuyendo al calentamiento global. La destrucción de estos boques también disminuye la capacidad de captura de carbono, afectando servicios ambientales fundamentales, para mitigar los problemas ambientales (8).

Ante esta situación, las especies arbóreas de rápido crecimiento se presentan como una alternativa viable para la captura del dióxido de carbono atmosférico y almacenamiento de carbono orgánico en su estructura. En particular, el uso de leguminosas arbóreas de rápido crecimiento como la *Inga edulis* C. Martius en la recuperación de suelos abandonados, ofrece beneficios adicionales como la fijación biológica del nitrógeno y aporte de materia orgánica contribuyendo a la restauración de la fertilidad del suelo y la provisión de servicios ambientales que contrarrestan los problemas de cambio climático (9).

Diversas investigaciones previas han evidenciado la importancia de los bosques en

la captura y almacenamiento de carbono atmosférico, así como su contribución al carbono orgánico para el suelo (10-13). Asimismo, se han desarrollado múltiples propuestas para mitigar el incremento de gases de efecto invernadero, las cuales enfatizan la necesidad de comprender la dinámica del ciclo biogeoquímico del carbono para diseñar estrategias efectivas (14, 15). En este contexto, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué cantidad de carbono es capturado por *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembrada en suelos ex cicales con diferentes edades de siembra? Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el almacenamiento de carbono en plantaciones de *Inga edulis* C. Martius mediante el cálculo de la biomasa aérea total, comparando incrementos en diferentes periodos de crecimiento a los 2, 4 y 6 años en Tingo María.

La especie de *Inga edulis* “huaba” ha demostrado ser un árbol de rápido crecimiento con alta capacidad para la captura y almacenamiento de carbono en biomasa aérea, así como para aportar carbono orgánico para ser incorporado y almacenado en el suelo, favoreciendo la restauración de su fertilidad y la mejora de la calidad del ecosistema. Este potencial convierte a *Inga edulis* en una alternativa viable y estratégica para la recuperación de suelos degradados especialmente aquellos afectados por actividades como la agricultura extensiva y la deforestación,

que han reducido la capacidad de los ecosistemas para secuestrar carbono y mantener sus funciones ecológicas

En este contexto, resulta fundamental realizar estudios que permitan cuantificar la captura del carbono en plantaciones de *Inga edulis*, considerando diferentes edades de crecimiento y condiciones de suelo. Los resultados de estas investigaciones proporcionan información valiosa para los tomadores de decisiones, facilitando la implementación de proyectos de restauración ecológica y sistemas agroforestales, Además, la generación de conocimiento científico local y específico fortalece las políticas ambientales y promueve prácticas sostenibles que integran la conservación de la biodiversidad con el desarrollo productivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se enmarcó en el enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y comparativo, orientado a evaluar el almacenamiento de carbono en plantaciones de *Inga edulis* C. Martius mediante el cálculo de la biomasa aérea total. Para recoger los datos se realizaron técnicas destructivas para la estimación de biomasa, aplicando procedimientos estandarizados propuestos por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. En cuanto a la validez de los instrumentos, estos se basan en metodologías ampliamente utilizadas

en estudios de biomasa y captura del carbono, garantizando la confiabilidad de los resultados.

La investigación se llevó a cabo en las comunidades de Bajo Guacamayo y Alto Guacamayo, pertenecientes al centro poblado de Ricardo Palma, Distrito de Luyando, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, Perú. En estas localidades se encuentran las plantaciones de *Inga edulis* evaluadas, establecidas en suelos previamente utilizados para cultivos de hoja de coca (ex cicales).

La población de estudio estuvo constituida por plantaciones de *Inga edulis* C. Martius con dos, cuatro y seis años de edad, sembradas en alta densidad con distanciamiento de 3 x 3. Para la evaluación se seleccionaron parcelas de 5 m. por 100 m, con tres repeticiones por edad, totalizando nueve parcelas muestreadas. En cada parcela se contabilizaron todos los árboles presentes y se seleccionaron de manera aleatoria tres árboles para la medición destructiva de biomasa.

Para recoger la información, se sacó el promedio para la biomasa de los árboles talados según edad y el promedio del número de árboles por parcela para ser inferido a una hectárea, con el número de árboles promedio por hectárea, de acuerdo con las edades se sacó un promedio considerando las diferentes edades para inferir y hacer la comparación entre parcelas. De la totalidad de las muestras recogida de la tala de los

árboles de *Inga edulis* C. Martius “guaba” (trozas de tallo y de ramas, y hojas) se tomó una parte de esta y se llevó a una estufa previamente pesada, (peso húmedo) para ser secadas a una temperatura de 105 °C por 24 horas determinado así el peso seco, obtenido los datos para hacer los cálculos finales.

Finalmente, los datos obtenidos de biomasa seca fueron promediados por edad y extrapolados a una hectárea según el número promedio de árboles por parcela. Se aplicaron análisis estadísticos descriptivos y comparativos para determinar diferencias significativas entre las edades de siembra (2, 4 y 6 años).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se presentan los hallazgos obtenidos a partir de la evaluación de la biomasa aérea y el almacenamiento de carbono en plantaciones de *Inga edulis* C. Martius establecidas en suelos degradados ex cicales, con edades de 2, 4 y 6 años. Los datos incluyen la medición del peso húmedo y seco de las diferentes partes del árbol (tronco, ramas y hojas), la estimación de la biomasa total por árbol y por hectárea, así como el cálculo del carbono almacenado en función de la biomasa seca. Tabla 1, a continuación.

**Tabla 1.** Peso húmedo en kilogramos de biomasa de árboles de *Inga edulis* C. Martius de las parcelas con 2 años de edad.

Parcela	Parte del árbol	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3
I	Tronco	45.5	77.2	71.7
	Ramas	8.9	11.5	12.5
	Hojas	17.3	23.8	20.4
II	Tronco	42.8	80.2	75.6
	Ramas	7.4	15.2	12
	Hojas	16.5	24.3	23.4
III	Tronco	58.4	70.5	81.5
	Ramas	9.6	11.2	16.3
	Hojas	17.9	23.6	26.4

En la Tabla1, se presenta el peso húmedo en kilogramos de la biomasa aérea de los árboles de *Inga edulis*, de dos años, desagregado en tronco, ramas y hojas, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cicales. Se muestra la

evaluación de nueve árboles que permite tener un mejor promedio, que como se puede apreciar existe una mayor cantidad de biomasa en el tronco, en segundo término, está en las hojas, y en menor proporción en las ramas. Tabla 2, a continuación

**Tabla 2.** Peso húmedo en kilogramos de biomasa de árboles de *Inga edulis* C. Martius de las parcelas con 2 años de edad.

Parcela	Parte del árbol	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3
I	Tronco	213	240	95.7
	Ramas	14.8	16.4	15
	Hojas	59.6	41.7	19
II	Tronco	220	230	190
	Ramas	16.5	17.9	14.6
	Hojas	40.3	46.5	34.2
III	Tronco	201	253	215.6
	Ramas	15.1	18.6	16.4
	Hojas	36.5	42.6	39.8

En la Tabla 2, los resultados del peso húmedo en kilogramos de la biomasa aérea de los árboles de *Inga edulis*, de cuatro años, desglosado en tronco, ramas y hojas, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cicales, acá se muestra la evaluación de 09 árboles que permite tener un mejor promedio, la plantación inicial de *Inga edulis*, fue sembradas en alta densidad con 1200 plantas

sembradas por hectárea, con una supervivencia estimada de 840 árboles a esta edad, debido a condiciones edáficas y competencia intraespecífica. Los datos reflejan un aumento considerable en la biomasa del tronco respecto a los árboles de 2 años, lo que indica un crecimiento significativo y un mayor potencial de captura de carbono. A continuación, Tabla 3.

**Tabla 3.** Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad.

Parcela	Parte del árbol	Árbol 1	Árbol 2	Árbol 3
I	Tronco	466.1	434.2	510.6
	Ramas	28.5	25.2	29.7
	Hojas	58.8	52.7	51.9
II	Tronco	410.6	470.3	502.8
	Ramas	25.2	29.3	30.5
	Hojas	52.4	48.6	54.3
III	Tronco	480.6	520.4	505.7
	Ramas	29.4	31.2	30.4
	Hojas	57.4	56.4	55.4

En la Tabla 3, se presentan los resultados del peso húmedo en kilogramos de la biomasa aérea de los árboles de *Inga edulis*C. Martius, con 06 años de edad, desagregado de acuerdo a sus estructuras aéreas del árbol, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cocaleros, acá se muestra la evaluación de 09 árboles que permite tener un mejor promedio, la plantación de *Inga edulis*C. Martius. La Plantación inicial fue de 1200 árboles por hectárea, con un cálculo de plantas vivas a los 06 años de siembra de 720 plantas por

hectárea, la disminución de las plantas sembradas se debe principalmente a las condiciones iniciales de los suelos, suelos erosionados, y por la competencia entre árboles. Los datos muestran un incremento considerable en la biomasa del tronco y de las demás partes del árbol en comparación con las edades de 2 y 4 años, lo que evidencia un crecimiento sostenido y un mayor potencial de captura de carbono. En la Tabla 4, a continuación, kilogramos de biomasa seca de la muestra.

**Tabla 4.** Porcentaje en kilogramos de biomasa seca de la muestra.

Parte del árbol	Porcentaje de biomasa seca de muestra kg.		
	Peso húmedo	Peso seco	% peso seco
Tronco	0.725	0.415	57.24
Ramas	325	0.16	49.23
Hojas	0.325	0.145	44.62

En la Tabla 3, se presentan los resultados del peso húmedo en kilogramos de la biomasa aérea de los árboles de *Inga edulis*C. Martius, con 06 años de edad, desagregado de acuerdo a sus estructuras aéreas del árbol, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cocaleros, acá se muestra la evaluación de 09 árboles que permite tener un mejor promedio, la plantación de *Inga edulis*C. Martius. La Plantación inicial fue de 1200 árboles por hectárea, con un cálculo de plantas vivas a los 06 años de siembra de 720 plantas por

hectárea, la disminución de las plantas sembradas se debe principalmente a las condiciones iniciales de los suelos, suelos erosionados, y por la competencia entre árboles. Los datos muestran un incremento considerable en la biomasa del tronco y de las demás partes del árbol en comparación con las edades de 2 y 4 años, lo que evidencia un crecimiento sostenido y un mayor potencial de captura de carbono. En la Tabla 4, a continuación, kilogramos de biomasa seca de la muestra.

En el Tabla 4, se presenta el porcentaje de biomasa seca obtenido mediante las muestras representativas de biomasa húmeda de *Inga edulis*. Tras el secado en una estufa, se calcula que el porcentaje promedio de peso seco respecto

al peso húmedo fue de 57.24% para el tronco, 49.23% para las ramas y 44.62% para las hojas. A continuación, Tabla 5, peso en kilogramos biomasa húmeda.

**Tabla 5.** Peso en kilogramos biomasa húmeda promedio por árbol.

Edad	Tronco	Ramas	Hojas	Total
2 años	67.04	11.62	21.5	103.96
4 años	206.48	16.14	40	262.62
6 años	477.92	28.82	54.2	560.94

En los resultados que presenta la tabla 5, se muestra el resultado en kilogramos de la biomasa húmeda promedio de tronco, ramas, hojas y el total en las edades de 2, 4 y 6 años. Se observa un incremento progresivo en la biomasa con la edad, siendo la plantación de 6 años la que presenta el

mayor peso promedio total (560.94 kg por árbol), seguida por 4 años (262.62 kg) y 2 años (104.96 kg) Este crecimiento refleja el desarrollo estructura de los árboles y su potencial para almacenar carbono a medida que maduran. Tabla 6 a continuación, peso biomasa

**Tabla 6.** Peso biomasa seca por hectárea.

Edad	Peso biomasa seca promedio por árbol	Peso biomasa seca por hectárea
2 años	53.68	49922.4
4 años	143.98	120943.2
6 años	312.65	225108.0

En la Tabla 6, se presentan los resultados de los cálculos de la biomasa seca por árbol y la biomasa seca total estimada por hectárea para las plantaciones de *Inga edulis* con edades de 2, 4 y 6 años. Las parcelas del periodo de siembra de 02 años al hacer el cálculo de árboles por hectárea

de determino 930 árboles, de las parcelas que inicialmente fueron sembradas a alta densidad con un distanciamiento de 3 X 3.

La disminución del número de árboles se debe más que todo a las condiciones del suelo inicial suelos erosionado ex cicales, en las parcelas del

periodo de siembra de 04 años al hacer el cálculo de árboles por hectárea se determinó 840 árboles, acá en esto la disminución del número de árboles de debe además de las características del suelo inicial suelo erosionado, a la competencia entre árboles, y en el periodo de 06 años la cantidad de árboles por hectárea determinado es de 720 árboles atribuyéndole la disminución de igual manera a las condiciones de los suelos iniciales, y a la competencia entre árboles.

Los resultados muestran un aumento significativo de la biomasa seca por hectárea con la edad, pasando de 49,922.4 kg/ha (49.92 t/ha) a los 2 años, a 120,943.2 kg/ha (120.94 t/ha) a los 4 años, y alcanzando 225,108.0 kg/ha (225.11 t/ha) a los 6 años. Este incremento refleja el desarrollo y acumulación progresiva de biomasa aérea, lo que implica un mayor almacenamiento de carbono en las plantaciones conforme avanza el tiempo de crecimiento. A continuación, Tabla 7, carbono almacenado en toneladas (tn).

**Tabla 7.** Calculo de carbono almacenado en toneladas por hectárea.

Edad	Peso biomasa seco por hectárea	Carbono almacenado por hectárea
2 años	49922.4	24,961.2
4 años	120943.2	60,471.6
6 años	225108.0	112,554.0

En los resultados de la Tabla 7, se tiene el resultado del cálculo del carbono aéreo almacenado en toneladas por hectárea en las plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “huaba” sembradas en alta densidad con un distanciamiento de 3 X 3, en suelos degradados ex cicales con edades de 2, 4 y 6 años. Se observa un aumento significativo en la cantidad de carbono almacenado desde 24.96 t/ha a los 2 años, hasta 112.55 t/ha a los 6 años, evidenciando el potencial de esta especie para capturar y almacenar carbono a medida que crece. Estos resultados confirman la eficacia de *Inga edulis* como una alternativa

viable para la recuperación de suelos degradados y la mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono en biomasa aérea.

## Discusión

Los resultados del estudio demuestran que el *Inga edulis* C. Martius es una especie forestal de rápido crecimiento con un elevado potencial para almacenar carbono en su biomasa aérea alcanzando 112.554 tC/ha para la plantación de *Inga edulis* C. Martius con 6 años de edad, establecidas en suelos degradados ex cicales. Este valor supera de manera significativa los

reportes de otras especies en etapas tempranas de crecimiento, lo que resalta su eficiencia en la captura de carbono. Por ejemplo, Ramírez (16), reportó que por hectárea alcanzó 2,14 tC/ha, en un bosque húmedo tropical maduro con múltiples especies, donde *Virola calophyllacumala* y *Chorisa integrifolia* almacenaron 0.65 tC/ha y 0.47 tC/ha, respectivamente. Si bien estos valores son menores que los obtenidos en el presente estudio, la diferencia radica en que el bosque evaluado por Ramírez (16), prioriza la diversidad biológica sobre la densidad de siembra, mientras que las plantaciones de *Inga edulis* se determinan en monocultivo de alta densidad (930-720 árboles/ha), optimizando la captura de carbono por área.

En cuanto al efecto de la edad en la acumulación de carbono, los resultados coinciden con estudios previos. Del Águila (17) reportó en su estudio plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Duckettornillo en tres edades diferentes en el CIEFOR-Puerto Almendra, que la plantación de 43 años reporta la mayor biomasa arbórea con 301,50 t/ha, seguida de la plantación de 35 años con 222,26 t/ha y la de 27 años con 56,93 t/ha. Aunque *Cedrelinga* alcanza mayores valores en etapas maduras, *Inga edulis* demostró una capacidad superior en etapas tempranas, almacenando 112.55 tC/ha a solo seis años. Esta diferencia resalta la ventaja

de las especies de rápido crecimiento como *Inga edulis* para proyectos de mitigación climática a corto y mediano plazo, particularmente en suelos degradados donde la recuperación edáfica es prioritaria.

Adicionalmente, Gonzales (18), evaluó plantaciones de *Vochysia lomatophylla* (standl) *quillosa* de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra, a la plantación de 33 años con mayor cantidad de biomasa total (191,53 t/ha), seguido de la plantación de 22 años con 154,62 t/ha., y finalmente con menor cantidad la plantación de 13 años con 75,04 t/ha., asimismo, la mayor cantidad de stock de carbono reporta la plantación de 33 años con 118,75 tC/ha., mientras que la plantación de 22 años muestra 95,86 tC/ha., y la de 13 años exhibe 46,52 tC/ha. Aunque la especie muestra una trayectoria ascendente de captura, *Inga edulis* supera estos valores basados en el tiempo, evidenciando su eficiencia en condiciones de suelos degradados.

Los hallazgos de este estudio, respaldan el uso de *Inga edulis* en estrategias de reforestación y sistemas agroforestales propuestos a la captura del carbono y recuperación de suelos degradados. Es importante resaltar, que para complementar estos sistemas con especies de crecimiento más prolongado para maximizar el almacenamiento de carbono a largo plazo.

## CONCLUSIONES

Las plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “guaba” establecidas en suelos degradados con un distanciamiento de 3 x 3 metros presentan una disminución paulatina en la densidad de árboles debido a la mortalidad, la cual aumenta conforme avanza la edad de la plantación. A pesar de esta reducción en la densidad, la especie demuestra un crecimiento eficiente en suelos ex cicales, capturando y almacenando carbono en las diferentes partes de su biomasa aérea tronco, ramas y hojas, con una mayor eficiencia a medida que incrementa la edad de la plantación.

En sistemas de alta densidad, *Inga edulis* alcanza un almacenamiento de carbono significativo, estimado en 112.554 toneladas de carbono por hectárea a los seis años de edad, lo que evidencia su alto potencial para la mitigación del cambio climático y la recuperación de suelos degradados. En los resultados del análisis estadístico, se muestra que no existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono entre árboles de la misma edad, lo que refleja una uniformidad en el desarrollo y capacidad de captura dentro de cada grupo etario. Por otro lado, sí se identifican diferencias significativas en el almacenamiento de carbono entre árboles de diferentes edades, se confirma que la acumulación de carbono aumenta conforme avanza el tiempo de crecimiento.

Finalmente, se concluye que *Inga edulis* C. Martius es una especie adecuada para proyectos de restauración ecológica y captura de carbono en suelos degradados, especialmente en sistemas de alta densidad y con un manejo conveniente que considere la dinámica de mortalidad y crecimiento de la especie.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS

1. Agencia Internacional de Energía (AIE). Bioenergía con captura y almacenamiento de carbono. 2024. <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage/bioenergy-with-carbon-capture-and-storage>
2. Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). Aceleración de la descarbonización mediante bioenergía con captura y almacenamiento de carbono (BECCUS). 2024. [https://www.irena.org/-/media/Alliance/Files/Publications/AFID\\_Accelerating\\_decarbonisation\\_BECCUS\\_2024.pdf](https://www.irena.org/-/media/Alliance/Files/Publications/AFID_Accelerating_decarbonisation_BECCUS_2024.pdf)
3. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Reunión de expertos del IPCC sobre tecnologías de eliminación de dióxido de carbono y captura, utilización y almacenamiento de carbono. 2023. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/2407\\_Background\\_CDR\\_CCUS.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/2407_Background_CDR_CCUS.pdf)
4. Favero A, Daigneault A, Sohngen B, Golub A. Bosques: ¿Secuestro de carbono, energía de biomasa o ambas? *Environmental Research Letters*. 2020; 15(3). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7096156/>
5. Dourojeanni M. Áreas naturales protegidas e investigación científica en el Perú *Revista Forestal del Perú*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

- 2018; 33 (2): 91-101, <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i2.1223>
- 6.** Tapia M. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el Ejido de San Pedro Jacuaro, Michoacán, México. 2006. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/6540](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6540)
- 7.** Conchai Y, Alegre C, Pocomucha V. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en San Martín, Perú. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria. 2007. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162007000100009&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162007000100009&script=sci_abstract)
- 8.** Bonino E. Changes in carbon pools associated with a land-use gradient in the Dry Chaco, Argentina. *Forest Ecology and Management*. 2006; 223: 183–189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811270500695X>
- 9.** Ávila G, Jiménez F, Beer J, Gómez M, Muhammad I. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. En *Agroforestería en las Américas*. 2001; 8(30): 32-35. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5765>
- 10.** Andrad J, Ibrahim M. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles? En: *Revista Agroforestería de las Américas*. 2003; 10: 1-8. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6950/Como\\_monitorear\\_el\\_secuestro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6950/Como_monitorear_el_secuestro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 11.** Apezteguía H. Simulation study of soil organic matter dynamics as affected by land use and agricultural practices in semiarid Córdoba, Argentina. *Soil and Tillage Research*. 2009. 102: 101–108. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2008.07.016>
- 12.** Granados J. Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. IUFRO-RIFALC. 2001. <https://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC8.pdf>
- 13.** Jandl R, Rubio A, Sostenibilidad del secuestro de carbono en ecosistemas forestales, *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* «Actas de la I Reunión sobre Ecología, Eco fisiología y Suelos Forestales» MADRID, España. 2005. 20(2): 259-269. <https://core.ac.uk/download/pdf/148691612.pdf>
- 14.** Herrera A. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 2010. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS\\_67888941fce52b55a2438e83b806878a](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_67888941fce52b55a2438e83b806878a)
- 15.** Ashagrie Y, Zech W, Guggenberger G, Mamo T. Agregados del suelo y materia orgánica total y particulada tras la conversión de bosque nativo a cultivo continuo en Etiopía. 2007; 101–108. DOI: 10.1016/j.still.2006.07.005
- 16.** Ramírez C. Biomasa y carbono de árboles comerciales con diámetro mínimo de corta (DMC) en un bosque de Orellana del río Ucayali. Loreto, Perú. Tesis ing. en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP. Iquitos. Perú. 2013. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP\\_23b34852130eacba18a79ea7e3598382/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_23b34852130eacba18a79ea7e3598382/Details)
- 17.** Del Águila C. Secuestro de CO<sub>2</sub> y almacenamiento de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke "tornillo" en tres edades diferentes en el CIEFOR - Puerto Almendra, río Nanay, Iquitos-Perú. 2014. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP\\_b69981b9bde4071489615d62fcfc2dde/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_b69981b9bde4071489615d62fcfc2dde/Details)
- 18.** Gonzales A. Relación entre el almacenamiento de carbono con la edad de la plantación agroforestal en la zona de Caballococha. Provincia de Mariscal Ramón Castilla. Loreto-Perú. Tesis (Ingeniero en ecología de bosques tropicales). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos-Perú. 2012. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2007>