







Reserva de carbono en la biomasa aérea viva de un bosque natural en la Provincia de Leoncio Prado – Huánuco


Carbon stock in living aerial biomass of a natural forest in the Province of Leoncio Prado - Huánuco


 **Luis Eduardo Oré Cierzo**
Universidad Nacional Agraria de la Selva
luisore21793@gmail.com


 **Yahn Carlos Soto Shareva**
Jardín Botánico de Missouri, Oxapampa - Perú
yahncarlos@gmail.com

 **Wendy Caroline Loarte Aliaga**
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L.
wendy_loarte_aliaga@outlook.com.pe

 **Luis Enrique Soto Shareva**
Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre
(DGFFS)-San Martín
luisenri03@gmail.com

 **Ericson Oré Cierzo**
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L.
erickorec@gmail.com

 **Casiano Aguirre Escalante**
Universidad Nacional Agraria de la Selva
casiano.aguirre@unas.edu.pe

 **Edilberto Díaz Quintana**
Universidad Nacional Agraria de la Selva
edilberto.diaz@unas.edu.pe

RESUMEN

En el presente estudio de investigación se ha determinado la biomasa aérea y el carbono almacenado en el Bosques Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Para este fin, se trabajaron en dos parcelas permanentes de muestreo (PPMs) de un área de 100 x 100 m (1,0 ha), registrando a todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) o punto óptimo de medición (POM) ≥ 10 cm.

Los valores de acumulación de biomasa aérea más altos, se obtuvieron en la “Parcela 4” colina alta con (AGB_{est} 287,97 Tha^{-1}), carbono almacenado a partir de la biomasa aérea con ($143,96 tC/ha^{-1}$), Seguido de la “Parcela 1” con (AGB_{est} 169,17 Tha^{-1}) y de carbono almacenado ($84,59 tC/ha^{-1}$). La acumulación de la biomasa aérea por clase diamétrica está mejor representada en las clases diamétricas >60 cm DAP con acumulación de (AGB_{est} 79,81 Tha^{-1}). A nivel de familias y especies las Fabaceae acumulan mayor biomasa aérea con (AGB_{est} 54,12 Tha^{-1}), representado por una abundancia y riqueza media ($S= 14$. $A= 32$) fijada a partir de especie *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae), con un diámetro de 127,42 cm y una densidad media de $0,504 g/cm^3$., acumulando biomasa aérea (AGB_{est} 18,51 $Mg ha^{-1}$).

Palabras clave: Biomasa aérea, reserva de carbono, Parcela permanente.

ABSTRACT

In the present research study, the aerial biomass and the carbon stored in the Reserved Forests of the National Agrarian University of La Selva have been determined. For this purpose, two permanent sampling plots (PPMs) of an area of 100 x 100 m (1,0 ha) were worked on, recording all individuals with a diameter at breast height (DBH) or optimal point of measurement (POM) ≥ 10 cm.

The values of accumulation of aerial biomass. were obtained in the "Plot 4" high hill with 287,97 AGBest (Tha^{-1}). carbon stored from the aerial biomass with 143,96 (tC/ha^{-1}). Followed by the "Plot 1" with 169,17 AGBest (Tha^{-1}) and carbon stored ($84,59 \text{ tC/ha}^{-1}$). The accumulation of biomass per diameter class is better represented in the diameter classes >60 cm dbh with accumulation of ($79,81 \text{ AGBest Tha}^{-1}$). At the level of families and species the Fabaceae accumulate more biomass with AGBest ($54,12 \text{ Tha}^{-1}$). represented by a abundance and species richness ($S=14$. $A= 32$) fixed on the basis of species *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae). With a diameter of 127,42 cm and an average density of $0,504 \text{ g/cm}^3$. AGBest accumulated biomass ($18,51 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Keywords: Aerial biomass, carbon reserve, permanent plot.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales son el hogar de 90% de la biodiversidad del planeta y se estima que los bosques tropicales contienen hasta 80% del total del carbono almacenado en toda la vegetación terrestre, y ocupa el 60% de la biomasa mundial (Chave et al., 2003); siendo su conservación una herramienta fundamental para el desarrollo sostenible de la población humanas.

Las actuales reservas de Carbono en los bosques del mundo se estiman en 861 Toneladas con 44 % en el suelo y 42 % en biomasa viva (por encima y debajo de la tierra 8% en madera muerta y 5% en hojarasca, geográficamente el 55% está almacenado en los bosques tropicales, el 32% en los bosques boreales y 14% en bosques templados. Pero existe una diferencia fundamental pues los bosques tropicales tienen el 56 % de carbono almacenado en la biomasa viva y el 32% en el suelo, mientras que los bosques boreales solo el

20% se encuentra en la biomasa y el 60 % en el suelo (Pan et al., 2011 y REDD, 2011).

Gibbs et al. (2007) señalan que, en bosques tropicales la mayor cantidad de carbono es secuestrada en tejidos vivos sobre la superficie (por ejemplo, árboles), con stocks secundarios en suelos y desechos gruesos de madera. Los stocks de carbono en las raíces y el suelo componen en promedio un 20 % del carbono total almacenado en los bosques tropicales y la necromasa producida por la mortalidad de los árboles compone un promedio de 10 % de la biomasa viva sobre la superficie. Durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado.

El carbono es el elemento químico principal de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera y el suelo. En los bosques este elemento se acumula en los árboles, en la vegetación arbustiva y herbácea, en la biomasa

bajo el suelo (raíces), en el mantillo vegetal, en la necromasa y en el suelo (Schlegel et al., 2001).

El intercambio de carbono entre los bosques y la atmósfera es el resultado de procesos naturales de la fotosíntesis y respiración, y de la emisión de gases causada por la acción humana Rüginitz et al. (2009). La fotosíntesis es el proceso por el que se absorbe el dióxido de carbono y la energía luminosa que procede del sol, convirtiéndose en energía química, que asociada al agua y a los nitratos que las plantas absorben, reaccionan sintetizando las moléculas en carbohidratos (glucosa, almidón, celulosa, etc.), lípidos (aceites, vitaminas, etc.), proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN), los cuales forman las estructuras vivas de la planta (biomasa vegetal), además de liberar oxígeno puro al ambiente

El proceso inverso ocurre con la emisión de carbono por medio de la respiración de las plantas, animales y por la descomposición orgánica (forma de respiración de las bacterias y hongos). A ésta se suman las emisiones los Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el CO₂ debido a la deforestación, incendios, gases industriales y quema de combustibles: acciones que contribuyen con el desequilibrio del ciclo de carbono (Rüginitz et al., 2009).

Los stocks y los flujos de carbono no presentan valores similares en cualquier parte de la Amazonía. Para analizar el ciclo de carbono en diferentes lugares, se debe tener en cuenta la variación de las condiciones ambientales que presenta la zona de estudio, así como también la condición del bosque, se ha estimado que el carbono en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190

Tha-1, respectivamente (Brown, 1997) y que el C en el suelo puede variar entre 60 y 115 tC/ ha.

El trabajo de investigación se realizó en dos parcelas permanentes de medición de 1,0 hectárea cada uno ya establecido dentro del Bosque de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, donde se han medido a todos los árboles con un DAP ≥ 10 cm, el cual permitió evaluar la composición biomasa aérea utilizando las ecuaciones alométricas de Chave et al. (2014) mediante el método indirecto.

El presente trabajo pretende dar a conocer la cantidad de biomasa aérea y el almacenamiento de carbono de un bosque natural de colina alta y baja del BRUNAS, permitiendo de esta forma sentar bases para la comprensión del comportamiento de los ecosistemas del mismo, que a su vez es fundamental para comprender aspectos ecológicos y productivos, incluyendo el manejo sostenible y la conservación y/o protección del bosque; es por ello que el presente trabajo de investigación plantea como objetivo el de estimar la biomasa aérea viva y las reservas de carbono en un bosque natural de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Leoncio Prado – Huánuco, 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), esta se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Tabla 1

Coordenada UTM (Datum WGS 84, UTM/UPS) de la PPM N° 1 - 4 BRUNAS. PPM: Parcela Permanente de Medición

Parcelas	Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas	
		Este	Norte
PPM N1	735	390760	8970880
PPM N4	875	391560	8970320

Materiales y equipos

Materiales de campo

Para este trabajo de investigación se utilizó los siguientes materiales: placa de aluminio (2,5 x 9 cm), clavos de aluminio (3’’), martillo, tubos de PVC (1/2 pulgada) de 90 cm de largo, forcípula, cinta diamétrica, cinta métrica, pintura esmalte de color rojo, pinceles, tablero de madera, plumones marcadores, libreta de campo, lápices, ficha de campo.

Equipos

Se utilizó los siguientes equipos: GPS, cámara digital, estufa eléctrica, clinómetro y/o eclímetro

Metodología

Ubicación de las parcelas permanentes de medición

Fase donde se ha seleccionado las parcelas permanentes de medición ya establecidas en el BRUNAS. PPM N° 1 y N° 4, las cuales presenta las siguientes características: pendiente promedio 7,5 - 45 %, con una masa boscosa poco densa y una topografía ondulada (Soto, 2016).

Toma de datos de la parcela

Para obtener una buena estimación de la biomasa aérea en ambas parcelas permanentes, se consideraron el diámetro y la altura de todos los árboles, y la densidad de la madera de cada especie.

Ubicación de los individuos

Se ubicaron los individuos dentro de la parcela por medio de coordenadas de referencia donde Xi indica la distancia generada por la perpendicular

entre el árbol y el eje Y, mientras que Yi indica la distancia generada por la perpendicular entre el árbol y el eje X.

Medición de los árboles

En esta fase consistió en generar las evaluaciones dasonómicas con una cinta diamétrica a todos los árboles con diámetros ≥ 10 cm DAP a la altura del pecho (1,30 m sobre el nivel del suelo) en cada subparcela. Generalmente la medida es a 1,30 m (altura del pecho) pero existen casos que se cambia a POM (punto óptimo de medida) según corresponda la estructura del árbol para evitar deformaciones, aletas, acanalamiento, raíces zancos, rebrotes, etc. Los que pueden llevar a datos incorrectos. El perímetro del tronco del árbol donde se midió el diámetro se marcó con pintura roja con el objeto de garantizar que las posteriores mediciones se realicen en el mismo POM de la primera medición.

Plaqueado y numeración de árboles

Se efectuó 30 cm por encima o debajo del punto óptimo de medición (POM) se utilizó para ello las placas de aluminio (2,5 x 9 cm) numeradas correlativamente y clavos de aluminio. Los árboles fueron numerados sistemáticamente, moviéndose alrededor de cada subparcela cerrando con el último árbol plaqueado en cada subparcela y empezando la próxima subparcela, golpeando ligeramente el clavo en un ángulo hacia abajo tanto que pueda penetrar la corteza, pero dejando un espacio libre para que cuando el árbol crezca no cubra o absorba la placa de aluminio.

Análisis de datos

Con los datos cualitativos y cuantitativos del inventario florístico obtenidos en el campo y las muestras debidamente identificadas, se procedió a ordenar la información en una hoja de datos de

Excel generando una serie de base datos tales como:

Cuantificación de biomasa aérea almacenada (AGB)

Estimación del stock de biomasa aérea individual

La biomasa se estimó para cada árbol en función al diámetro (D), altura (H) y la densidad específica de madera (p), siguiendo la ecuación alométrica de para árboles tropicales Chave et al. (2014) basados en todos los datos alométricos pantropicales disponibles para bosques húmedos.

$$(AGB)_{est} = 0,0673 * (P_i D_i^2 H_i)^{0,976}$$

Donde:

$(AGB)_{est}$ = Biomasa área (kg/ha)

P_i = Densidad de la madera (g/cm³)

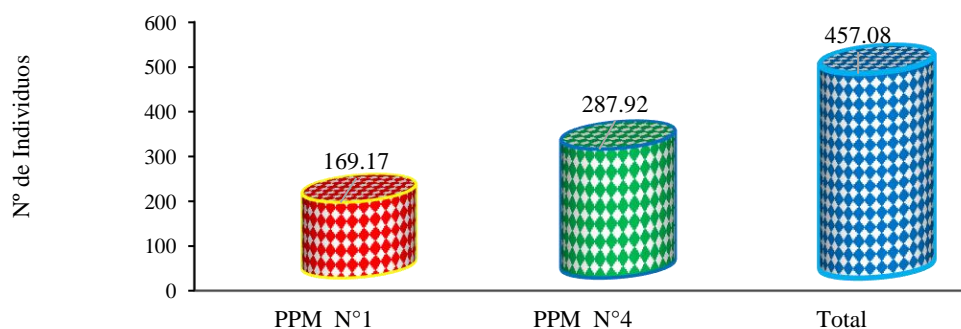
D = Diámetro a la altura del pecho (DAP)

H_i = Altura

Todo los valores de la biomas aérea (AGB) obtenidos con la ecuacion alometrica de Chave et al. (2014) nos da en unidad de Kilogramos por individuo y que fueron extrapolados a Megagramos que es igual toneladas por hectárea. La biomasa total es la suma de la biomasa de todos los árboles en la parcela.

Figura 01

Biomasa aérea en las parcelas permanente de medición N°1 y N° 4



Distribución de biomasa aérea por clase diamétrica

Estimación del stock de biomasa aérea (Tha⁻¹)

Se estimará como la sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela, donde:

$$AGB = \sum_i AGB_{est} / \text{Área}$$

Donde :

AGB_{est} = Biomasa arborea sobre el suelo

Área = Tamano de la parcela en hectarea.

Analisis de contenido de carbono

Al determinar la biomasa arbórea se proyecta el contenido de carbono almacenado en esta (CBt; t/ha) que se determinará utilizando la fórmula:

$$CBt = Bt. * 0,5$$

CONCLUSIONES

Biomasa aérea almacenado (AGB) en las PPM N°1 y N°4 del BRUNAS

La biomasa aérea acumulada contenida en las diferentes parcelas Permanente de medición fue: PPM N°1 la biomasa acumulada es de (AGBest 252,87 Tha-1) y en la PPM N° 4, la biomasa acumulada es de (AGBest 287,92 Tha-1) los cuales se muestran dentro de los rangos establecidos.

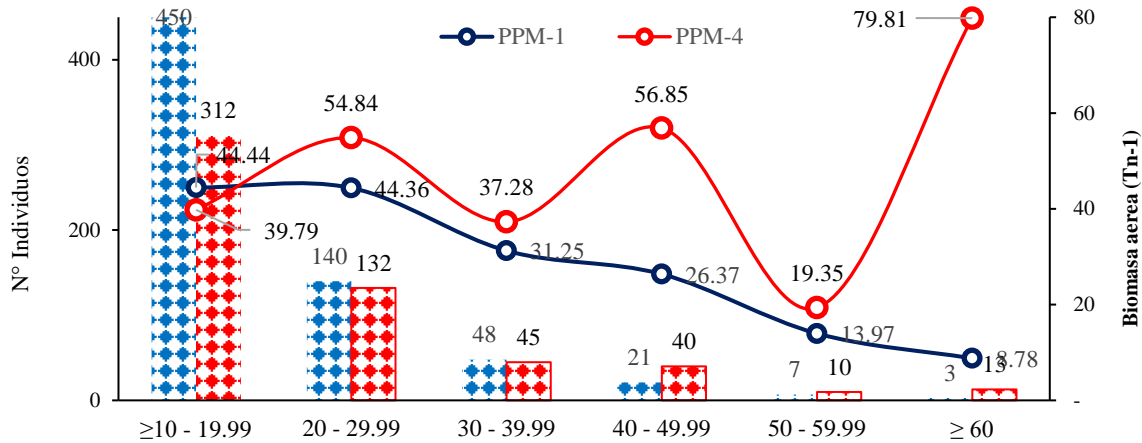
La acumulación de la biomasa aérea por clase diamétrica está mejor representada en PPM- 4 colina alta clases diamétricas >60 cm DAP con

acumulación de biomasa aérea (AGB_{est} 79,81 Tha^{-1}), por la dominancia de la especie *Cedrelinga cateniformis* a pesar de no ser muy abundante. Adversos en la PPM- 1 los árboles de categorías

diamétricas $\geq 10 -19,99$ cm muy pequeñas acumulan poca biomasa a pesar que es muy abundantes *Senefeldera inclinata* (AGB_{est} 44,44 Tha^{-1}).

Figura 02

Biomasa aérea distribuida en clases diamétricas



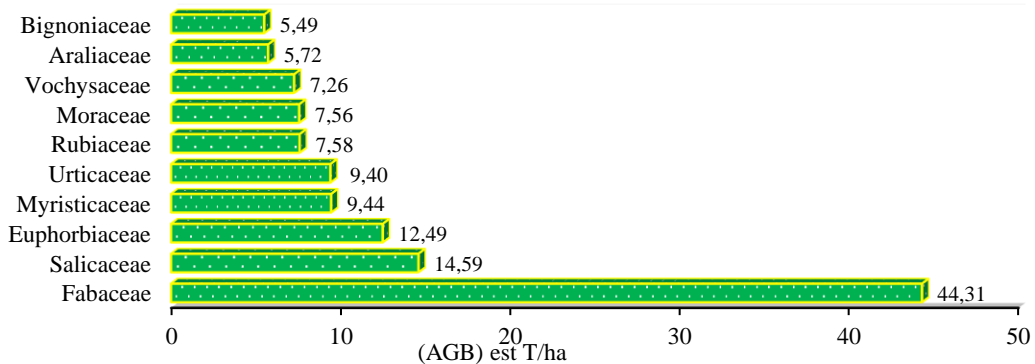
Biomasa aérea por hectáreas por Familias PPM N° 1

A nivel de Familia, entre las 10 más importantes en cuanto al aporte de biomasa aérea acumulada, se observa a Fabaceae acumulando (AGB_{est} 44,31 Tha^{-1}) obtenido por una riqueza y abundancia sobresaliente (S=14, A=107), la familia Salicaceae

(AGB_{est} 14,59 Tha^{-1}), a pesar de no presentar una alta riqueza entre las 10 familias, pero sí una abundancia sobresaliente (S=3, A= 68) y Euphorbiaceae (AGB_{est} 12,49 Tha^{-1}) representado por riqueza y abundancia (S= 5, A=76).

Figura 03

Biomasa aérea de las 10 familias más representativas en PPM N° 1.



Biomasa aérea por hectáreas por Especie PPM N° 1

A nivel de Familia, entre las 10 más importantes en cuanto al aporte de biomasa aérea acumulada fue la Euphorbiaceae acumulando (AGB_{est} 54,29 Tha^{-1})

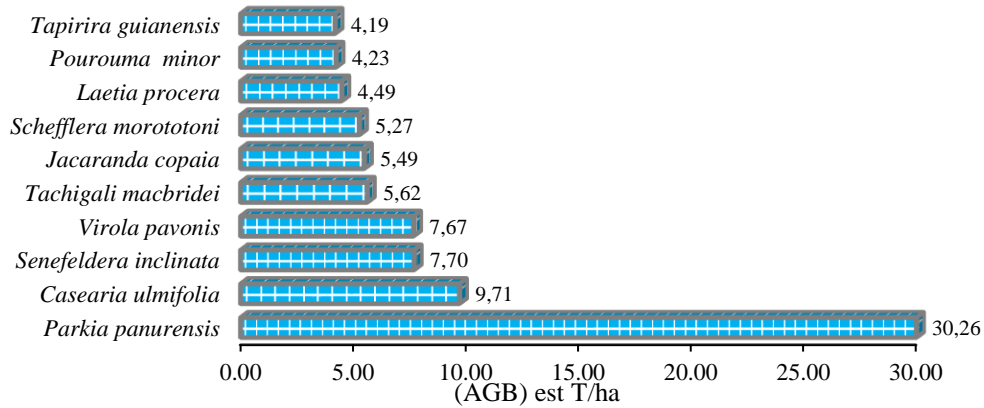
obteniendo esta representativa por una abundancia sobresaliente a pesar de no representar una riqueza mayor (S=7, A=177). La familia como Fabaceae (AGB_{est} 54,12 Tha^{-1}), representado por una abundancia media y riqueza mayor (S= 14, A= 32),

Myristicaceae (AGB_{est} 31,42 Tha⁻¹) representado por (S= 5, A= 35). Estos datos hacen de esta familia

un componente esencial y dominante de ecosistemas del BRUNAS.

Figura 04

Biomasa aérea de las 10 especies más representativas en PPM- 1



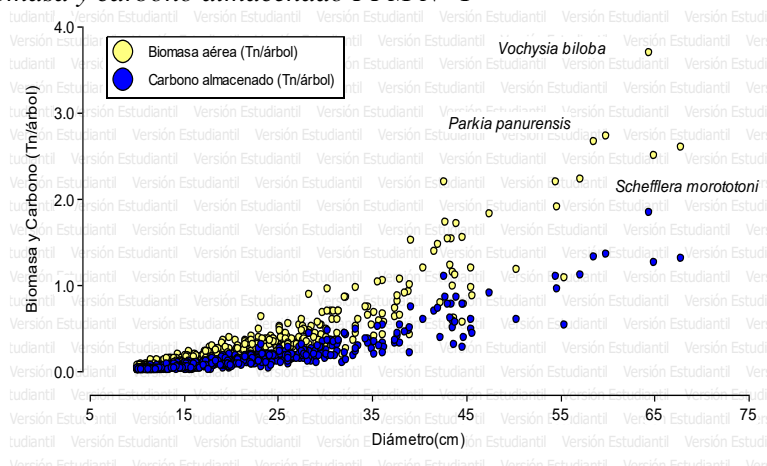
Biomasa y carbono almacenado por individuo en las parcelas permanente de medición N° 1

Se expresa el balance de biomasa aérea de 669 individuos. Donde la relación al diámetro por individuo fue: especie *Vochysia biloba* con 64,40 cm de diámetro y una densidad 0,46 g/cm³ acumula (AGB_{est} 3,69 Mg/árbol), la especie *Parkia panurensis* con dos especies, densidad de 0,45 g/cm³ y 59,90 cm de diámetro acumula (AGB_{est}

2,72 Mg /árbol y 58,60 cm AGB_{est} 2,66 Mg/árbol) y *Schefflera morototoni* con 67,80 cm y 0,45 g/cm³ (AGB_{est} 2,60 Mg/árbol) por el contrario algunos individuos como *Vitex triflora*, *Cecropia sciadophylla*, *Pourouma bicolor*, *Zygia coccinea* con DAP 10 cm, aportan 0,02 Mg/árbol. La distribución de biomasa y carbono almacenado se concentran en la mayor cantidad de individuos concentrados en DAP > a 50 cm de diámetro.

Figura 05

Distribución de la biomasa y carbono almacenado PPM N° 1



Biomasa aérea por hectáreas por Familias PPM N° 4

A nivel de Familia, entre las 10 más importantes en cuanto al aporte de biomasa aérea acumulada fue la

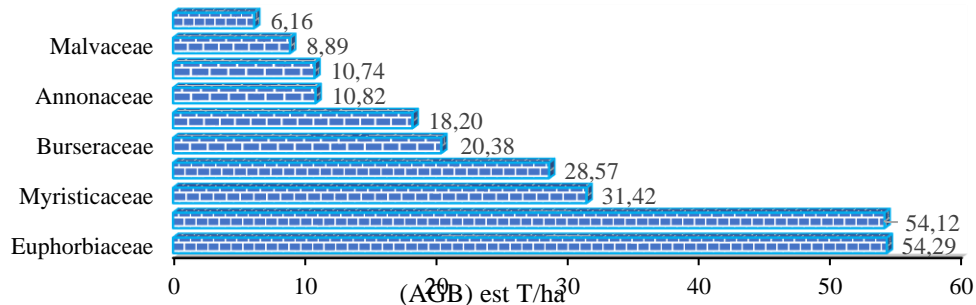
Euphorbiaceae acumulando (AGB_{est} 54,29 Tha⁻¹) obteniendo esta representativa por una abundancia sobresaliente a pesar de no representar una riqueza mayor (S=7, A=177). La familia como Fabaceae

(AGBest 54,12 Tha-1), representado por una abundancia media y riqueza mayor (S= 14, A= 32), Myristicaceae (AGBest 31,42 Tha-1) representado

por (S= 5, A= 35). Estos datos hacen de esta familia un componente esencial y dominante de ecosistemas del BRUNAS.

Figura 06

Biomasa aérea de las 10 familias más representativas en PPM N° 4



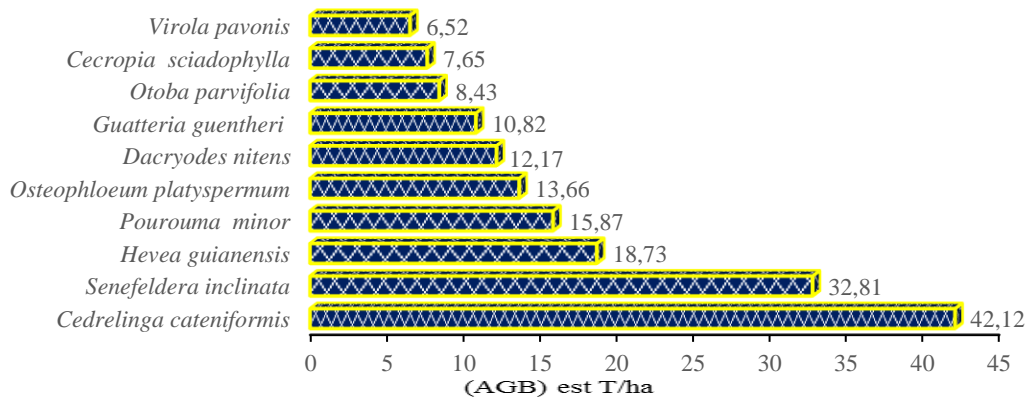
Biomasa aérea por hectáreas por especie PPM N° 4

A nivel de Especie, dentro de las 10 más representativas lo presentó la especie : *Cedrelinga cateniformis* con (5 Indiv) y densidad 0,50 g/cm³ aportando (AGBest 42,12 Tha-1⁻¹), *Senefeldera inclinata* (154 Indiv), densidad de 0,70 g/cm³ acumulando (AGBest 32,81 Tha-1⁻¹), *Hevea guianensis* (11 Indiv), densidad 0,57 g/cm³

acumulando (AGBest 18,73 Tha⁻¹) ,*Pourouma minor* (24 Indiv) (AGBest 15,87 Tha⁻¹), *Osteophloeum platyspermum* (6 Indiv) (AGBest 13,66 Tha⁻¹) *Dacryodes nitens* (12 Indiv) aportando (AGBest 12,17 Tha⁻¹) aportaron sumas acumulativas considerables de biomasa aérea. Teniendo en cuenta que para determinar este valor son tan importantes los valores de DAP, altura y densidad de madera.

Figura 07

Biomasa aérea de las 10 especies más representativas en PPM N° 4



Biomasa aérea almacenado por individuo en las parcelas permanente de medición N° 4

Se expresa el balance de biomasa aerea de 552 individuos. Donde la relación al diámetro por individuo fue: la dominancia de la especie *Cedrelinga cateniformis* con 3 individuos con

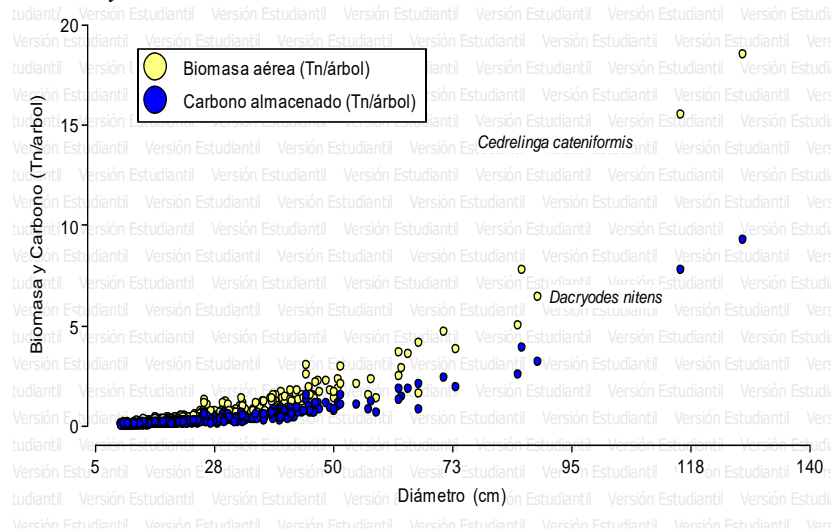
127,42 cm de diámetro aportando (AGBest 18,51 Mg/árbol), 115,7 cm aportando (AGBest 15,48 Mg/árbol) y 85,8cm diámetro aportando (AGBest 7,71 Mg/árbol) seguidamente de la especies *Dacryodes nitens* (Burseraceae) con 88,81 cm diámetro (AGBest 6,40 Mg/árbol), los que mantienen una

correlación de mayor diámetro con mayor almacenamiento de biomasa, adversos a estos resultados árboles con DAP a 10 cm de diámetro

como *Neea divaricata*, *Symphonia globulifera*, *Senefeldera inclinata*, *Sloanea fragrans*, solo almacenaron 0,02 Mg/árbol de biomasa.

Figura 08

Distribución de la biomasa y carbono almacenado en la PPM -4



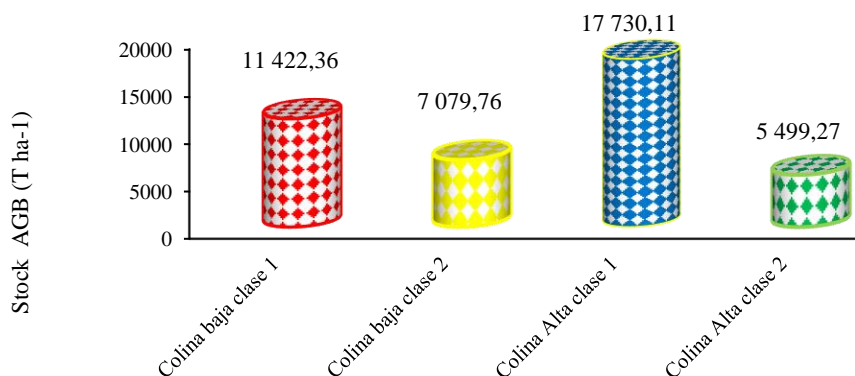
Estimación del stock de biomasa aérea total por tipos de bosques (colina alta y colina baja)

La estimación de stock de biomasa aérea total por unidades fisiográficas en el BRUNAS fue: PPM N° 1 Colina Baja clase 1, aportando (AGB_{est} 11 422,36 Tha⁻¹) con una superficie de 67,52 ha, Colina baja clase 2, aportando (AGB_{est} 7 079,76 Tha⁻¹) con una superficie 41,85 ha de stock total por unidad

fisiográfica. En la PPM N° 4 la acumulación de stock total en Colina Alta clase 1, con una superficie de 61,58 ha, aportando (AGBest 17 730,11 Tha⁻¹), colina alta clase 2, con una superficie 19,10 ha, aportando (AGBest 5 499,27 Tha⁻¹), en una extensión total de superficie de 190,5 ha.

Figura 09

Estimación del stock de biomasa aérea total



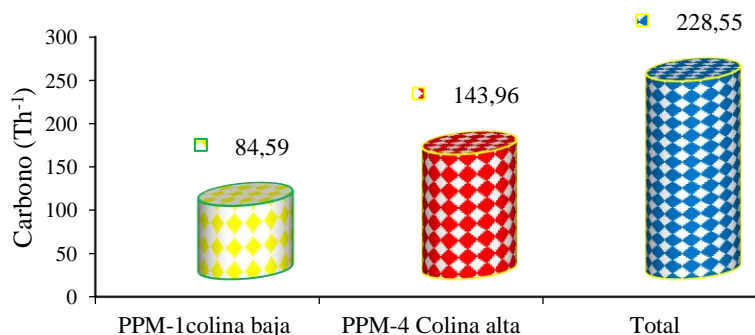
Carbono almacenado en la biomasa aérea en las dos PPMs

El carbono almacenado en las parcelas permanente de medición (PPMs) son PPM-1 colina baja 84,59

tC ha y colina alta 143,96 tC ha haciendo un total de 228,55 tC ha.

Figura 10

Estimación de carbono almacenado en las Parcelas permanentes de medición –BRUNAS



DISCUSIÓN

Biomasa y carbono estimado

La PPM I determina el comportamiento de su biomasa de una manera inversamente proporcional respecto al valor del diámetro del fuste, esto estaría ocurriendo debido a que es un área del BRUNAS que presentan mayor cantidad de individuos con diámetros menores, al respecto, Romero (2019) atribuye este comportamiento a que los bosques presentan una distribución de la J invertida, ya que hay más individuos con menor diámetro y menos individuos con mayor diámetro, lo que se traduce en similar comportamiento de la biomasa aérea, a excepción de la PP IV que registró mayor biomasa en individuos con mayor diámetro debido a que hubo individuos establecidos anteriormente como es el caso de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) y se mantiene su dominancia en algunas áreas de dicho bosque por presentar diámetros del fuste en algunos casos superior a los 100 cm.

La PPM I en estudio registró un comportamiento de la biomasa aérea inversamente proporcional al incremento de los valores de las clases diamétricas, comportamiento atribuido a que a menor diámetro hubo mayor cantidad de individuos y mayor biomasa aérea, característica del bosque que muestra su momento de crecimiento, al respecto, una de las maneras de contrastar la permanencia de un ecosistema boscoso radica en la distribución de sus individuos respecto a las clases diamétricas, siendo inversamente proporcional entre ambas

variables, lo que muchos autores denominan una distribución de la letra “J” invertida, siendo dicho comportamiento encontrados en bosques de diferentes altitudes como es el caso desde la región madre de Dios, en donde Baez y Garate (2017) estudiaron a dos tipos de bosque clasificados como tierra firme e inundable, en las cuales se encontró mayor cantidad de individuos en las categorías diametrales inferiores a los 40 cm, existiendo un comportamiento característico de la clásica forma de J invertida que es muy típico para los ecosistemas boscosos del trópico. Además, Añazco et al. (2021) muestran resultados muy similares también en ecosistemas que se encuentran en zonas más altas como es el caso de un ambiente ubicado a 2158 msnm en la región Amazonas, el cual ratifica la cualidad de que dicho ecosistema boscoso se encuentra en crecimiento.

Debido a los resultados obtenido, se pudiera afirmar que la gradiente altitudinal pudo favorecer al incremento de los valores del carbono almacenado en la biomasa aérea del BRUNAS, mientras que, en caso de otros investigadores, es refutado dicho enunciado como es el caso de Salas et al. (2020a,b) que consideró tres gradientes altitudinales y en donde no logró demostrar dicha relación, pero lo que si encontró es la alta variabilidad del carbono almacenado en la biomasa aérea en las tres gradientes altitudinales ratificado por el coeficiente de variación obtenido de 53,28%, consideraciones acorde a los resultados de Cueva et al. (2019), al concluir que, no hay correlación

estadística entre la gradiente altitudinal y diversidad de especies vegetales; en el caso de la heterogeneidad del comportamiento, se tienen reportes hasta que en estudios en Costa Rica se encontraron parcelas en donde el carbono almacenado de los árboles superan a lo registrado en el sistema edáfico (Retana-Chinchilla et al. (2019), existiendo la necesidad de seguir realizando estudios donde se tenga la mayor cantidad de información que servirá como base para la toma de decisiones.

El valor promedio del carbono almacenado entre las dos parcelas evaluadas en el BRUNAS generan una valor promedio de 114,27 tC/ha, siendo superior a otros sistemas de bosques, ya que, hay ecosistemas con menores valores del carbono almacenado de la biomasa aérea, siendo uno de los casos en el Bosque y vegetación protector El Artesan – Ecuadorian Hands donde solamente se encontró 40,60 tC/ha en áreas donde su altitud sobre el nivel del mar superó los 300 m y los individuos tomados en cuenta fueron a partir de 5 cm de Dap, además, se registró un coeficiente de variación del 45,71% entre las ocho parcelas circulares que fueron establecidas, ratificando la heterogeneidad de la composición florística y la distribución de las especies en dicho lugar (Salas et al., 2020b). Resultados similares al presente estudio lo reportan Retana-Chinchilla et al. (2019) en la provincia de San José – Costa Rica en un bosque primario intervenido ubicado en un rango altitudinal entre 400 msnm hasta los 1016 msnm donde instalaron tres parcelas y la media registrada fue de 106,78 tC/ha, pero también ratifica la presencia de alta heterogeneidad en los valores del contenido de biomasa y carbono entre los sitios muestreados, esto ocurre debido a la amplia matriz existente en el paisaje traduciéndose en un bosque muy heterogéneo.

La PPM I registró menos valor que la PPM IV, siendo una de las razones que en la última parcela indicada se encontró individuos de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) que fueron establecidos como mejora del valor de dicho lugar para la obtención de madera en el futuro y estos individuos lograron desarrollarse y en la actualidad presentan el 14,63% del carbono almacenado distribuidos solamente en cinco individuos; el acto de

establecer la especie maderable favoreció al incremento del carbono almacenado, al respecto, Salas et al. (2020a,b) atribuye que los valores más bajos de carbono almacenado en los lugares donde se había instalado la parcela de muestreo en tiempos anteriores se había llevado a cabo la intervención humana, motivo por el cual la vegetación se encontraba en proceso de restauración. La influencia de la intervención humana sobre la vegetación y el carbono almacenado lo registró Silva (2019) en el municipio de Camoapa – Nicaragua, que se encuentra a 550 msnm, en donde en las seis fincas que presentaban bosques encontró desde 1,62 tC/ha hasta los 23,13 tC/ha, muy similares a los valores encontrados en los sistemas silvopastoriles de siete fincas que abarcó valores desde los 1,80 tC/ha hasta los 23,09 tC/ha, razón por la cual es de suma importancia conocer a los sistemas de bosques para asignarle un manejo adecuado de acuerdo a su capacidad potencial de sus distintos servicios ambientales.

Otra de las razones por las diferencias en la cantidad de biomasa y carbono almacenado en las parcelas evaluadas del BRUNAS, es que dicha área fue sometido a la extracción de sus recursos maderables en años anteriores, el cual Rojas-Vargas et al. (2019) lo demuestran con un estudio que, el cambio de uso al que es sometido un ecosistema de bosque genera la variación y disminución de sus atributos del bosque, siendo uno de los casos la merma de su capacidad de almacenar carbono, registrando valores desde los 0,37 tC/ha en una pastura mejorada con árboles en baja densidad, incrementándose los valores de almacenamiento hasta los 0,69 tC/ha al muestrear una pastura tradicional con árboles dispersos en baja densidad, seguido de 2,59 tC/ha en el caso de evaluar un sistema silvopastoril, mientras que en el caso de un medio con regeneración natural el carbono almacenado llega a los 32,32 tC/ha y en el caso de un bosque nativo donde no fue intervenido registra un valor de 124,52 tC/ha, superior a lo registrado en el BRUNAS (promedio de 114,27tC/ha), lo que ratifica la importancia de conservar la capacidad que presentan dichas áreas con cobertura arbórea.

CONCLUSIONES

1. La biomasa aérea acumulada en el BRUNAS para bosque de colina baja PPM-1 fue de ($AGB_{est} 169.17 \text{ Tha}^{-1}$) y para bosque de colina alta PPM-4 presenta valores de ($AGB_{est} 287.92 \text{ Tha}^{-1}$) respectivamente los cuales se encuentran dentro de los rangos establecidos en parcelas permanentes de Sudamérica.

La biomasa aérea en relación las clases diamétricas se dio en árboles >60 con acumulación de biomasa aérea ($AGB_{est} 79.81 \text{ Tha}^{-1}$), adversos a los árboles de categorías diamétricas $\geq 10 -19.99$ cm muy pequeñas acumulan una biomasa de ($AGB_{est} 44.44 \text{ Tha}^{-1}$). A nivel de familia y especie por su alta acumulación de biomasa tenemos a la familia Fabaceae con ($AGB_{est} 54.12 \text{ Tha}^{-1}$), representado por una abundancia y riqueza media ($S= 14, A= 32$) fijada a partir de especie *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae), con un diámetro 127.42 cm y una densidad media de 0.504 g/cm^3 , acumulando biomasa aérea ($AGB_{est} 18.51 \text{ Mg ha}^{-1}$).

2. El stock de biomasa aérea estimado para cada componente en los diferentes estratos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva fue: colina baja 1 ($AGB_{est} 8502.12 \text{ Tha}^{-1}$) y colina alta ($AGB_{est} 23229.38 \text{ Tha}^{-1}$) respectivamente haciendo un total de ($AGB_{est} 41731.51 \text{ Tha}^{-1}$) en área de 190.5 ha.

3. El contenido de carbono almacenado a partir de biomasa aérea en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en los dos PPMs PPM-1 Colina baja con 84.59 tC/ha^{-1} y PPM-4 colina alta con $143.96 \text{ tC/ha}^{-1}$ el cual nuestra investigación se ubicaría muy bien entre los 60 y 230 tC/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Acosta, M., Quedonow, K., Etchevers, J. y Monreal, C. (2001). Un Método para la Medición del Carbono Almacenado en la Parte Aérea de Sistemas con vegetación Natural e Inducida en Terrenos de Ladera en México. Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. INIFIAP. 86 p.
- [2] Aróstegui, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruana. Proyecto PNUD/FAO/PERU/81/002. Documento de trabajo N°2. Lima, Peru. 24 p.
- [3] Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Killeen, T., Laurance, S. (2004a). Increasing biomass in Amazonian forest plots. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B 359, 353- 365 p.
- [4] Bellota, D. (2015). Variaciones de la Diversidad, Biomasa aérea a través de un gradiente altitudinales en la Reserva Comunal El Sira- Huánuco. Tesis Biólogo Facultad de Ciencias Escuela Profesional de Biología de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 101 p.
- [5] Camones, J. (2014). Stock de carbono en el componente vegetal en diferentes estratos del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva. 126 p.
- [6] Chave, J., Réjou, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.E., Goodman, R., Martínez, A., Mugasha, W., Muller, H., Mencuccini, M., Nelson, B., Ngomanda, A., Noriega, E., Ortiz, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C., Saldarriaga, J. y Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. Global Change Biology, 20:3177-3190. doi: 10.1111/gcb.12629.
- [7] Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H.,



- Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. y Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145(1):87- 99 p.
- [8] Cueva, E., Lozano, D., y Yaguana, C. 2019. Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365-378. <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v40n3/0717-9200-bosque-40-03-00365.pdf>.
- [9] Curtis, J.T., & McIntosh, R.P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 31, 476-496. <http://dx.doi.org/10.2307/1931725>
- [10] Gentry, A.H. (1991). The distribution and evolution of climbing plants. In F. E. Putz; H.A. Mooney [Eds.]. *The Biology of Vines*. Cambridge University Press.
- [11] Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/2/4/045023/pdf>.
- [12] Gutiérrez, F. (2007). Plan de Ordenación del Bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Tesis Maestro en Manejo Forestal. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina. 145 p.
- [13] Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft für.
- [14] Mesias, A. (2014). Estimación en biomasa aérea viva en las unidades fisiográficas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva 146 p.
- [15] Mostacedo, B., Fredericksen., T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal Proyecto de manejo*” BOLFOR, santa Cruz de la sierra Editora el País. Bolivia 2000, Pág. 21 p.
- [16] Pallqui, N.C., Monteagudo, A., Phillips, O.L., Lopez-Gonzalez, G., Cruz, L., Galiano, W., Chávez, W., Vásquez, R. (2014). Dinámica, biomasa aérea y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología* 21 (3):235-242 p.
- [17] Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacalaa, S.W., Mcguire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2011/nrs_2011_pan_002.pdf
- [18] Puerta, R. (2007). Modelo Digital de Elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Maestro en ciencias en Agroecología Mención Gestión Ambiental. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 119 p
- [19] Pennington, D., Reynel, C., Daza, A. (2004). *Illustrated guide to the Trees of Peru*. Spoelbeech-Artois Foundation. David Hunt, The Manse, Chapel Lane, Milborne Port, Sherborne, DT9 5DL, Inglaterra.
- [20] Retana-Chinchilla, L., Méndez-Cartín, A. L., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., Barquero-Elizondo, A. I., y Hernández-Sánchez, L. G. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora "El Rodeo", Costa Rica. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 341-353. <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v7n3/2310-3469-cfp-7-03-341.pdf>
- [21] Rojas-Vargas, E. P., Silva-Agudelo, E. D., Guillén-Motta, A. Y., Motta-Delgado, P. A., y Herrera-Valencia, W. (2019). Carbono almacenado en estrato arbóreo de sistemas ganaderos y naturales del municipio de

- Albania, Caquetá, Colombia. *Revista Ciencia y Agricultura*, 16(3), 35-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7026749>
- [22] Rüginitz, M.T., Chacón, M.L., Porro, R. (2009). *Guía para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais*. Belém, Brasil.: Consórcio Iniciativa Amazônica (IA) e Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF). 73p.
- [23] Saatchi, S.S., Houghton, R.A., Dos Santos, A.R.C., Soares, J.V., Yu, Y. (2007). Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Glob. Change Biol.* 13: 816–837.
- [24] Salas, C., Montes, K., Sánchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., e Iglesias-Abad, S. (2020b). 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. <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1973>
- [25] Schlegel, B., Gayoso, J., Guerra, J. (2001). *Carbono en ecosistemas forestales*. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- [26] Silva, K. A. (2019). *Cuantificación de la biomasa, dióxido de carbono (CO₂) y carbono almacenado en bosques y sistemas Silvopastoriles en siete fincas del municipio de Boaco- Camoapa, Nicaragua, 2018* [Trabajo de Grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3900/1/tnk10s586c.pdf>.
- [27] Soto, Y. (2016). *Inventario dendrológico una parcela permanente de medición del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú*. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 132p.
- [28] Ureta, M. (2009). *Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú*. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna 125 p.
- [29] Vallejo, M.I., Londoño, A.C., López, R., Galeano, G., Álvarez, E., Devia, W. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia Volumen I*.
- [30] Wadsworth, F.H. (2000). *Producción Forestal para América Tropical*. Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA) Servicio Forestal, Manual de Agricultura. 568 p.