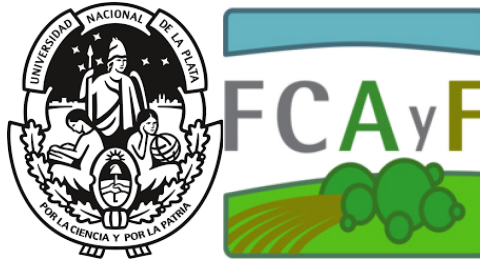


Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Trabajo Final de Carrera

Desarrollo de ecuaciones alométricas de biomasa aérea, volumen y dióxido carbono equivalente de *Condalia microphylla* y *Larrea divaricata* para el sur bonaerense.

Alumna: Florencia Angélica Chavez

DNI: 38831462

Legajo: 27542/2

Mail: florencia.angelica.chavez.1994@gmail.com

Alumna: Florencia Mariel Carballo

DNI: 37364676

Legajo: 27571/8

Mail: fcarballo661@gmail.com

Director: Agustín Rodrigo Montenegro.

Co-Director: Juan Manuel Cellini.

Fecha de entrega 7/8/2023.

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo	5
Hipótesis	5
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de estudio	5
Ubicación geográfica	5
Condiciones climáticas	6
Descripción de especies seleccionadas	7
Método de muestreo	8
Cuantificación de biomasa aérea	9
Determinación de la densidad y VFG	11
Estimación del CO ₂ equivalente	13
Ajuste de ecuaciones alométricas	13
Análisis de datos	14
RESULTADOS	15
Biomasa aérea y variables dendrométricas	15
Determinación de la Densidad	16
Correlación entre variables dependientes y variables dendrométricas	17
Ajuste de ecuaciones alométricas lineales y no lineales	18
DISCUSIÓN	29
Biomasa aérea y variables dendrométricas	29
Determinación de densidad	29
Correlación entre variables dependientes y variables dendrométricas	30
Biomasa Total seca (BTs)	30
Dióxido de Carbono equivalente (CO ₂ eq.)	32
CONCLUSIONES	33
AGRADECIMIENTOS	34
BIBLIOGRAFÍA	35
APÉNDICE	41

RESUMEN

Las especies arbóreas y arbustivas que componen el bosque nativo proveen servicios ecosistémicos, entre los que se destaca la captura y fijación de CO₂. La misma, además de la biomasa y el volumen, puede ser estimada mediante ecuaciones alométricas. El objetivo del trabajo fue desarrollar ecuaciones alométricas, para estimar algunos bienes y servicios ecosistémicos de dos especies arbustivas del sur bonaerense, *Condalia microphylla* Cav. “piquillín” y *Larrea divaricata* Cav. “jarilla”. A partir del ajuste de 12 ecuaciones matemáticas lineales y no lineales, se buscó predecir el volumen aéreo de la fracción gruesa (VFG), la biomasa total seca (BTs), biomasa de la fracción gruesa (BFG), biomasa de ramas pequeñas (BRP) y el contenido de CO₂ equivalente fijado (CO₂ eq.). Para esto se utilizaron variables de fácil medición como altura total (H) y diámetro de copa (Dp). Los estadísticos evaluados fueron el criterio de información de Akaike (AIC), el error cuadrático medio (ECM), el coeficiente de determinación ajustado (R² ajust.) y el error absoluto (E.abs). Los modelos destacados en *L. divaricata* fueron: BTs = 0,00014 * Dp²; CO₂ eq.= 0,0002414 * Dp²; VFG = -9722,13+0,2835*Dp²+(-0,0006517*Dp²*H)+25,533*H; BFG = -8,578 + 0,0002992 * Dp² - 0,000000452 * Dp² * H - 0,000000504 * Dp * H + 0,0001385 * H² y BRP = 0,00007269 * Dp². En *C. microphylla* fueron: BTs = -0,0001092 * Dp² + 0,000002057 * Dp² * H; CO₂ eq. = -0,0001885 * Dp² + 0,000003548 * Dp² * H; VFG = Dp² * H / (-2147,56+817061,91 / H); BFG = Dp² * H / (-2066571,55 + 777854182,75 / H) y BRP = Dp² * H / (1598955,56- 72739395,55 / H). Se concluyó que, si bien para cada una de las especies se encontró una ecuación que permitió predecir cada variable dependiente, la ecuación 11 (a * Dp²) presentó para todas las variables dependientes un buen ajuste, y podría ser útil, debido a su sencillez y practicidad.

INTRODUCCIÓN

El sudoeste de la Provincia de Buenos Aires se encuentra inmerso en la Provincia fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1976). Actualmente Winschel & Pezzola (2018), consideran que la misma se encuentra dentro en un gradiente de vegetación desde bosques típicos del Espinal (partido de Puan), hasta una situación de transición entre el Espinal y el Monte, que involucra a los partidos de Villarino y

Patagones, donde aproximadamente 290.000 ha y 500.000 ha respectivamente se encuentran ocupadas por pastizales y bosques nativos. Las especies arbóreas dominantes presentes son *Neltuma caldenia* (Burkart) C.E. Hughes & G.P. Lewis (“caldén”) y *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (“chañar”). Las especies arbustivas acompañantes más frecuentes son *Condalia microphylla* Cav. (“piquillín”), *Larrea divaricata* Cav. (“jarilla”), *Chuquiraga erinacea* D. Don (“chilladora”), *Schinus fasciculata* (Griseb.) I.M. Johnst. (“molle negro”), *Lycium chilense* Miers ex Bertero (“yao-yín”) y *Neltuma alpataco* (Phil.) C.E. Hughes & G.P. Lewis (“alpataco”) (Ithurrart, 2015). En la región la cobertura vegetal leñosa presenta heterogeneidad fisonómica y florística resultante, por un lado, de las condiciones ecológicas, y por otro, de la historia de uso y manejo al que ha sido sometida (Torres Robles et al., 2015).

La principal actividad agropecuaria de secano en esta zona es la ganadería bovina de cría. Esta se basa en el pastoreo de pastizales naturales, con aprovechamiento de la vegetación leñosa principalmente para leña (SAyDS, 2007). En estas formaciones nativas presentes en el Monte, predominan los matorrales o la estepa arbustiva xerófila caracterizada por la presencia de *Larrea spp.* El Espinal se presenta como un bosque xerófilo (Cabrera, 1976). Ambas regiones tienen baja capacidad de resiliencia por lo que son muy sensibles al impacto generado por las actividades antrópicas (Zeberio, 2012). El pastoreo excesivo y la incorporación de nuevas tierras para la agricultura extensiva causan cambios estructurales en la vegetación y reducción de la biomasa, así como la desaparición de bienes y servicios ambientales (Gasparri et al., 2008). Actualmente presentan una fuerte retracción, fragmentación y pérdida de la biodiversidad, con un gran impacto ambiental que genera erosión, pérdida de estructura y materia orgánica del suelo y disminución de productividad (Lerner, 2004; SAyDS, 2007).

La cobertura vegetal leñosa de los ecosistemas áridos y semiáridos está modelada tanto por la disponibilidad de recursos como por los regímenes de disturbios, tales como la herbivoría, fuego y variables climáticas (Torres Robles et al., 2015). Además, determina ciertas propiedades, como la capacidad de comportarse como sumidero de gases de efecto invernadero, que resulta del

secuestro de dióxido de carbono (CO_2), tanto en biomasa como en las distintas fracciones de carbono (C) del suelo (Kim & Kirschbaum, 2015). Las plantas, durante el proceso de la fotosíntesis, utilizan CO_2 y liberan O_2 (Acosta Mireles et al., 2002). Las especies leñosas, a diferencia de las especies herbáceas, almacenan los fotoasimilados en componentes de C en sus estructuras por largos períodos. Es por esto que deben ser considerados como reservas naturales del mismo (Acosta Mireles et al., 2002). El impacto sobre la vegetación relacionado con el uso de la tierra en estos ambientes promueve emisiones de C, debido a la disminución del almacenamiento del mismo en la vegetación y el suelo. De esta forma los sistemas afectados pasan de sumidero a fuente de emisión, con una clara implicancia al cambio climático global (Vaccaro et al., 2003).

Tanto en el bosque nativo como en plantaciones forestales resulta fundamental conocer la cantidad y calidad del recurso forestal para llevar a cabo un manejo sustentable del mismo (Maggio, 2014). Para evaluar la fijación de C de una comunidad leñosa es necesario conocer cuánta biomasa produce. Para su cuantificación las mediciones necesarias deben tener cierta exactitud, siendo lentas y costosas. Por ello, se hace necesario, disponer de herramientas que permitan estimar el peso de las diferentes fracciones de los individuos de forma rápida, a partir de variables de fácil medición y fuertemente correlacionadas con la biomasa, como pueden ser la altura y el diámetro de la copa (Conti et al., 2013). La estimación de la biomasa aérea individual y sus fracciones, el volumen y el CO_2 eq. de árboles y arbustos requiere la determinación de funciones específicas para cada especie (Gaillard de Benitez et al., 2002; Risio Allione, 2012). Esto se logra mediante modelos alométricos obtenidos por medio de análisis de regresión entre datos de biomasa determinados por métodos destructivos, y las variables biométricas colectadas en inventarios forestales (Hierro et al., 2000; Andrade et al., 2014). Asimismo, se puede utilizar el volumen y la densidad de la madera de la especie para el cálculo de la biomasa. Para la Argentina se han desarrollado modelos de biomasa para varias especies de arbustos en diferentes ecosistemas, pero dicha información no ha sido generada para el sudoeste bonaerense (Hierro et al., 2000; Gaillard de Benitez et al., 2002; Iglesias & Barchuk, 2010; Conti et al., 2013).

Objetivo

Generar ecuaciones matemáticas para estimar BTs, BFG, BRP, VFG y CO₂ eq. de *C. microphylla* y *L. divaricata*, dos especies leñosas nativas presentes en la ecorregión del Monte y zona de transición con el Espinal.

Hipótesis

La biomasa aérea, VFG y CO₂ eq. de *C. microphylla* y *L. divaricata* presentan una relación directa con la altura y el diámetro de copa, variables de fácil medición de estos arbustos, pudiendo ser modelada mediante ecuaciones matemáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada en el Partido de Patagones, en el extremo sur de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1). En dicho partido se establecieron dos sitios: el primero en el campo de un productor ganadero, cercano a la localidad de Villalonga (39° 48' 23,6" S; 63° 08' 30,8" O), y el segundo corresponde a la Chacra Experimental Patagones (40° 40' 40,3" S; 62° 53' 48,1" O), perteneciente al Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires.

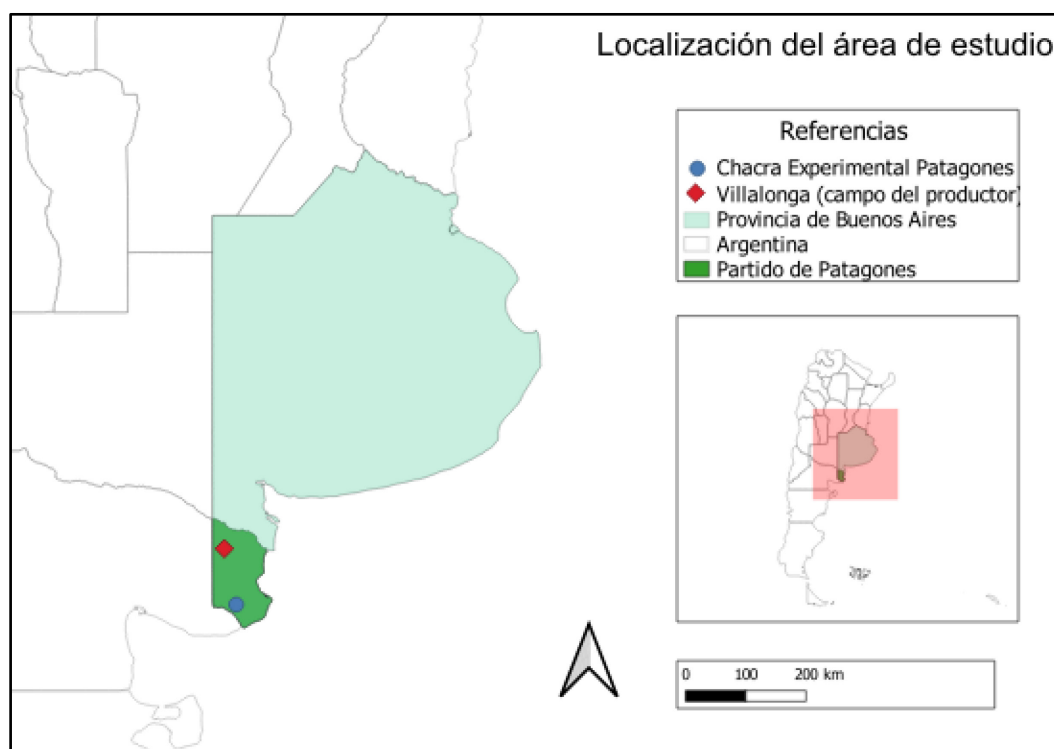


Figura 1: Mapa de la provincia de Buenos Aires con detalle del partido de Patagones y las dos áreas de estudio. Fuente: elaboración propia.

Condiciones climáticas

La zona en estudio se encuentra dentro de la denominada Diagonal Árida Templada Argentina, caracterizada por presentar un clima árido a semiárido, con lluvias escasas (Gabella, 2014). Esta región bonaerense es un territorio transicional entre la Región Pampeana Húmeda y la Patagonia Argentina. Presenta elevada incidencia de anomalías climáticas, como intensas sequías, heladas y fuertes vientos (Sanchez, 2011). El promedio anual de precipitaciones es de 407 mm, el cual disminuye de 590 mm al Norte hasta 350 mm al Sur. Las mayores precipitaciones se producen de octubre a marzo, y existe un importante déficit hídrico en al menos seis a siete meses al año. La temperatura media anual es de 14,8°C, con registros extremos de 1,6°C de temperatura mínima media para julio y 30,0°C de máxima media para el mes de enero (Bayón, 2021). Los vientos predominantes son del noreste y suroeste, siendo los primeros cálidos y húmedos, y los últimos fríos y secos. Suelen formarse tormentas eléctricas en los meses de verano y

ocasionalmente los vientos pueden alcanzar ráfagas de 100 km.h⁻¹ (Gaspari et al., 2021).

Descripción de especies seleccionadas

Como parte del bioma característico para esta zona, se encuentra *L. divaricata* y *C. microphylla*, especies que fueron consideradas de importancia y claves para la realización de este trabajo debido a sus múltiples usos, a su abundancia y extensión. *C. microphylla*, “piquillín”, es un arbusto perteneciente a la familia *Rhamnaceae* originaria de Chile y Argentina. En Argentina habita desde el Sur de la provincia de Salta hasta la provincia de Chubut. Comúnmente presenta un rango de altura de entre 0,5 a 2,0 metros (Delgado et al., 2007). Se caracteriza por presentar ramificaciones en abundancia, desde su base hasta su ápice, que por lo general son rígidas, rectas y espinosas. El follaje es perenne, las hojas simples, muy pequeñas, elípticas, coriáceas, con nervaduras bien definidas en la cara inferior. Florece en primavera, con flores reunidas en fascículos y fructifica en verano (Alvarez Redondo & Adema, 2018). Posee como fruto una drupa comestible, no mayor de 1 cm de largo, elipsoidea de diversas coloraciones rojizas, anaranjadas y/o moradas (Gaillard de Benítez et al., 2013). No es una especie forrajera, sin embargo, algunos animales consumen sus frutos bajo ciertas condiciones ambientales o de manejo (Delgado et al., 2007). *C. microphylla* ha sido y es utilizada como leña, y es considerada de alta calidad debido a su gran poder calorífico. Para ciertos productores de esta zona, el aprovechamiento leñero es, en algunos casos, uno de los objetivos de las tareas de desmonte por su valor y demanda sostenida en el mercado (Lini, 2008; Rodriguez, 2017). Además, cuando las dimensiones lo permiten, su madera es utilizada para la construcción de muebles. Sus raíces tienen usos tintóreos, los frutos comestibles se utilizan en muchos casos para la elaboración de dulces y bebidas y para algunos autores es considerado un importante recurso nectarífero y polinífero en la región del Monte (Gaillard de Benitez et al., 2013).

Por su parte, *L. divaricata*, “jarilla”, es un arbusto perteneciente a la familia *Zygophyllaceae*. Posee una gran dispersión en las regiones semiáridas y secas de América: desde el sudoeste de Estados Unidos hasta el Sur de Argentina (Gaillard

de Benítez et al., 2002). Es una especie muy característica de los arbustales xerófilos, y en Argentina se encuentra desde Salta hasta Chubut. Su altura promedio va de 1,5 a 3,0 m. Se caracteriza por ser multicaule, sus tallos son leñosos y resinosos. De follaje perenne, hojas opuestas con dos folíolos unidos en la base de color verde claro en las hojas jóvenes y más oscuras en las adultas. Florece a mediados de primavera, sus flores se presentan solitarias con cinco pétalos amarillos, de fructificación larga llegando casi al otoño, el fruto es una cápsula velluda dividida en cinco partes con una sola semilla en cada una (Kröpfl et al., 2012). No es una especie forrajera, aunque puede ser consumida por el ganado si se le extraen las resinas y aceites esenciales que posee (Alvarez Redondo & Adema, 2018). Esta especie es utilizada como combustible (leña), material tintóreo, de construcción, o medicinal, entre otros (Gaillard de Benitez et al., 2002). En este sentido, fueron estudiadas sus propiedades como antimicrobiano y antitumoral (Martino et al., 2013).

Método de muestreo

Se seleccionaron dieciocho individuos de *C. microphylla* y veinte de *L. divaricata*, de manera de poder cubrir el rango más amplio posible de tamaños de plantas observados en el campo para cada especie, permitiendo obtener una muestra representativa de la población estudiada.

Para cada individuo seleccionado, previo al corte, se midieron las variables dasométricas, altura total (H - cm) con regla graduada, medida desde la superficie del suelo hasta la parte más sobresaliente de la copa (Figura 2); diámetro mayor de copa ($D_{>}$ - cm) y su diámetro perpendicular ($D_{<}$ - cm) con cinta métrica.



(a)

(b)

Figura 2. Medición de altura con regla graduada: a) *L. divaricata* b) *C. microphylla*.

Cuantificación de biomasa aérea

La cuantificación de la biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere un análisis destructivo directo (Brown et al., 1989). De manera que fue necesario cortar cada individuo al ras del suelo con sierra de mano y luego separar la biomasa en dos compartimentos: a) fracción gruesa húmeda (BFGh – kg, ≥ 2 cm de diámetro), y b) ramas pequeñas húmedas con hojas (BRPh – kg, < 2 cm de diámetro) (Gaillard de Benitez et al., 2002). A partir de esta separación se obtuvo, para cada individuo, la biomasa húmeda de cada fracción a campo, para lo cual se pesó el material fresco con balanza de gancho digital de límite superior 50 kg (precisión de ± 10 g) como se muestra en la figura 3. Para la determinación del peso seco, se extrajeron 2 muestras representativas de cada fracción para cada individuo

de aproximadamente 200 g (38 individuos x 2 fracciones x 2 muestras = 152 muestras), las cuales fueron pesadas a campo con balanza digital (precisión de ± 1 g) (Segura & Andrade Castañeda, 2008). De esta manera se obtuvo su peso en húmedo, y luego fueron llevadas a estufa a 65°C hasta peso constante para determinar el peso seco de cada fracción. Esta metodología fue similar a la utilizada por Hierro et al. (2000), Oñativia et al. (2010), Katja et al. (2014), y Urdapilleta (2018). Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Agroambiental de la E.E.A Hilario Ascasubi del INTA. Luego, se procedió a calcular el estimador de razón, que es la relación entre el peso seco y el peso húmedo (Gaillard de Benitez et al., 2013).

- $R = (P_s / P_h)$.

Donde R es el estimador de razón entre el peso seco y peso húmedo, P_s es el peso seco de la muestra y P_h es el peso húmedo de la muestra.

Se calculó para cada individuo, el promedio del estimador de razón entre las dos muestras, para cada uno de los compartimentos. Finalmente, el valor de cada compartimento húmedo (BFG_h y BRP_h) de cada individuo, fue afectado por el estimador de razón promedio, para calcular la biomasa aérea seca de cada fracción. La biomasa aérea total seca (BTs - kg) fue calculada como la suma de BFG seca y BRP seca, expresadas en kg.

- $BFG \text{ o } BRP = (BFG_h \text{ o } BRP_h) * R$.
- $BTs \text{ de cada individuo} = BFG + BRP$.



Figura 3: Determinación de la BRPh a campo con balanza de gancho digital.

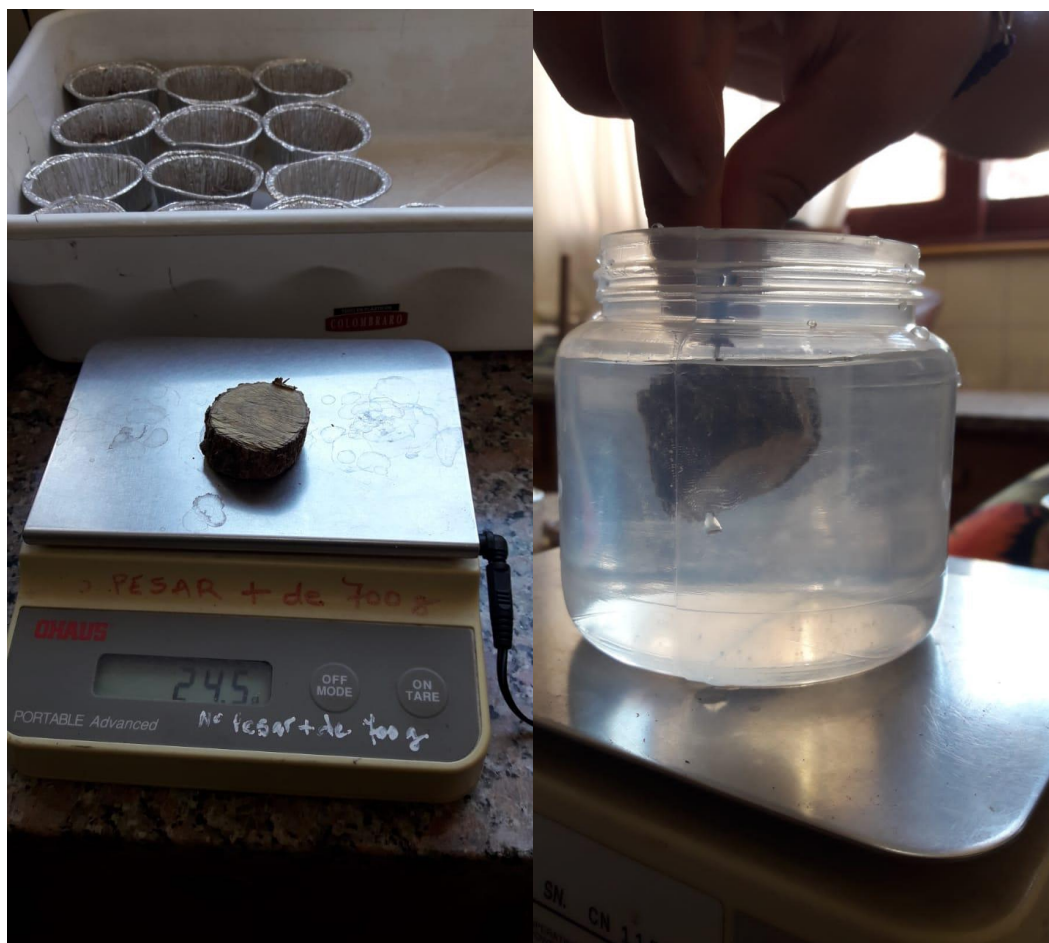
Determinación de la densidad y VFG

Para llevar a cabo la determinación de la densidad de madera, se eligieron las muestras correspondientes a la fracción gruesa. Este criterio de selección fue debido a que la misma podría ser utilizada como leña, y de este modo, representaría el C que se exportará del sistema. De las muestras secadas a estufa hasta peso constante, se tomaron alícuotas y se pesaron con balanza digital (precisión de $\pm 0,1$ g) (Figura 4.a) (Iglesias & Barchuk, 2010; Conti et al., 2013). Posteriormente, cada una se sumergió en agua para estimar el volumen a través del método de inmersión y desplazamiento de fluidos (Rodríguez et al., 2016). La densidad de la madera seca a 65° (D_{65}) se calculó de la siguiente manera:

$$D_{65} = \text{Peso de la muestra (g)} / \text{volumen de agua desplazado (cm}^3\text{)}.$$

La densidad para cada planta se obtuvo del promedio de 2 muestras de la misma. A su vez, se promedió la totalidad de los datos de densidad para cada

especie con el objetivo de obtener un único valor para *C. microphylla* y para *L. divaricata*.



(a)

(b)

Figura 4. a) Peso de la muestra de madera. b) Determinación del volumen de agua desplazada por la muestra.

Para la determinación del volumen de la fracción gruesa (VFG) para *C. microphylla* y *L. divaricata*, fueron utilizados los valores de densidad promedio para cada individuo, calculados previamente. Para ello, la biomasa de cada individuo se dividió por el valor de densidad promedio.

- $VFG (cm^3) = BFG (g) / \text{densidad promedio } (g/cm^3)$.

Estimación del CO₂ equivalente

Con los valores de BTs de los 38 individuos leñosos, se procedió a estimar el contenido de C de cada uno mediante el coeficiente de 0,47 según recomendaciones del IPCC (2005). Este valor es utilizado para la conversión de biomasa a C, ya que el carbono, en promedio, es considerado como el 47% de la biomasa, de las especies leñosas. Una vez obtenido este valor, se calculó el CO₂ eq. fijado. El mismo se obtuvo como el producto del contenido de C y el coeficiente resultante de la relación entre el peso de la molécula de CO₂ (44) y el peso del átomo de carbono (12) (IPCC, 2005; Pacheco et al., 2007).

- $C \text{ (kg)} = BTs \text{ (kg)} * 0,47.$
- $CO_2 \text{ eq. (kg)} = C \text{ (kg)} * 3,6666.$

Ajuste de ecuaciones alométricas

Para ambas especies se evaluaron y ajustaron 12 ecuaciones (Tabla 1). Del total de ecuaciones planteadas, se seleccionaron aquellas que podrían ser transformadas a modelos lineales, con lo cual además de realizarse regresiones no lineales para las 12 ecuaciones, se linealizaron los modelos 3, 10 y 11, quedando 15 ecuaciones. Se consideraron algunos evaluados por Friedl et al., (1991) y por Moscovich et al., (2004), una modificación del modelo de Naslund y la función cuadrática de Hoenald-Krenn, entre otras. Se utilizaron como variables dependientes VFG, BFG, BRP, BTs y CO₂ eq., y como variables independientes Dp y H.

Tabla 1. Ecuaciones evaluadas. VBC: Volumen seco a 65°C, Biomasa aérea seca a 65°C o CO₂eq. Dp: diámetro promedio (cm); H: altura total (cm); a, b, c, d y e: son parámetros de los modelos. El sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal.

Ecuación		Autor
1	$VBC_{NL} = a + b * Dp^2 + c * Dp^2 * H + d * Dp * H^2$	Naslund modificada
2	$VBC_{NL} = a + b * Dp^2 + c * Dp^2 * H + d * Dp * H^2 + e * H^2$	Naslund

3	$VBC_{L/NL} = a + b \cdot Dp^2 \cdot H$	Spurr
4	$VBC_{NL} = Dp^2 \cdot H / (a + b/H)$	Honer
5	$VBC_{NL} = a \cdot Dp^2 + b \cdot Dp^2 \cdot H$	Ogaya
6	$VBC_{NL} = a + b \cdot Dp^2 + c \cdot Dp^2 \cdot H + d \cdot H$	Stoate
7	$VBC_{NL} = a + (Dp^2 \cdot H)^b$	Spurr log (modificada)
8	$VBC_{NL} = a + Dp^b + H^c$	Schumacher-Hall (modificada)
9	$VBC_{NL} = a + b \cdot Dp + c \cdot Dp^2$	Hoernald-Krenn
10	$VBC_{L/NL} = a + b \cdot Dp$	Sin clasificar
11	$VBC_{L/NL} = a \cdot Dp^2$	Bertkhout
12	$VBC_{NL} = a \cdot Dp^b$	Sin clasificar

Análisis de datos

Para el análisis de los datos, se trabajó con el software estadístico INFOSTAT versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016). En primera instancia, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y Test de Tukey para las comparaciones entre medias, con un nivel de significancia del 5 %. Estas pruebas permitieron identificar posibles diferencias significativas entre las especies estudiadas. Para dicho análisis se utilizaron las variables H, Dp, BFG, BRP y BTs. En segunda instancia se evaluó la correlación entre las variables dependientes (BTs, BFG, BRP, VFG y CO₂ eq.) y las variables predictoras (H y Dp). Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) con el objetivo de identificar el grado de magnitud de la asociación lineal entre las variables dependientes e independientes. Se evaluaron regresiones lineales y no lineales simples y múltiples por especie a partir de las ecuaciones mencionadas previamente en la tabla 1. Se evaluó la significancia estadística (p-valor) de la ecuación y de los parámetros. Fueron descartadas las ecuaciones donde el p-valor

de la ecuación fue mayor a 0,05, también fueron descartadas aquellas ecuaciones que presentaron un error estándar de los parámetros mayor al valor del parámetro. También se evaluó el desempeño de cada ecuación, mediante indicadores de bondad de ajuste y de capacidad predictiva. Para ello, se seleccionaron las ecuaciones en base al criterio de información de Akaike (AIC), error cuadrático medio (ECM) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajust.). También se analizó el error absoluto (E.abs) en la comparación de ecuaciones lineales y no lineales (Conti et al., 2013; Hirigoyen et al., 2018). Se consideró un valor bajo de AIC, ya que ofrece un valor objetivo que, de manera relativa, cuantifica la precisión y sencillez de la ecuación. También un menor ECM, ya que implica menor magnitud de error. El indicador R^2 ajust. se utilizó para ver el grado de efectividad que tienen las variables independientes de explicar las variables dependientes. Por último, el E.abs permitió cuantificar la precisión del modelo de predicción.

Finalmente, se seleccionaron los modelos que presentaron el mejor desempeño general teniendo en cuenta los cuatro indicadores de bondad.

RESULTADOS

Biomasa aérea y variables dendrométricas

En la tabla 2 y 3 se pueden observar los valores mínimos, máximos, promedios y desvíos registrados de las variables Dp, H, BRP, BFG y BTs para ambas especies. Para *L. divaricata* los valores promedios fueron: Dp 235,95 cm, H 234,48 cm, BRP 5,28 kg, BFG 4,06 kg y BTs 9,35 kg. La BFG y BRP representaron el 43,4% y 56,5% de la BTs, respectivamente. Para *C. microphylla* los valores fueron: para Dp 224,56 cm, altura 182,33 cm, BRP 9,82 kg, BFG 9,33 kg y BTs 19,15 kg. La BFG y BRP representaron el 48,7% y 51,3% de la BTs, respectivamente.

Tabla 2. Valores mínimos (Mín), máximos (Máx), promedio (Prom) y desvío estándar (Desv) de las variables independientes: diámetro de copa y altura, para *L. divaricata* y *C. microphylla*.

Especie	Dp (cm)				H (cm)			
	Mín	Máx	Prom	Desv	Mín	Máx	Prom	Desv
<i>L. divaricata</i>	58,0	509,5	235,9	123,3	99	340	234,5	74,7

<i>C. microphylla</i>	78,5	366,5	224,6	87,1	57	254	182,3	54,9
-----------------------	------	-------	-------	------	----	-----	-------	------

Tabla 3. Valores mínimos (Mín), máximos (Máx), promedio (Prom) y desvío estándar (Desv) de las variables dependientes: BTs, BFG, BRP para *L. divaricata* y *C. microphylla*.

Especie	BRP (kg)				BFG (kg)				BTs (kg)			
	Mín	Máx	Prom	Desv	Mín	Máx	Prom	Desv	Mín	Máx	Prom	Desv
<i>L. divaricata</i>	0,40	16,53	5,28	5,33	0,19	24,04	4,06	5,98	0,40	40,57	9,35	10,91
<i>C. microphylla</i>	0,92	28,88	9,82	7,95	0,38	32,57	9,33	9,22	0,92	53,80	19,15	16,72

El ANOVA reveló que no se encontraron diferencias significativas entre ambas especies en relación con la variable independiente Dp ($p > 0,05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies en cuanto a las variables H, BTs, BRP y BFG (tabla 4).

Tabla 4. Variables dendrométricas promedio para *L. divaricata* y *C. microphylla*. Letras distintas representan diferencias significativas entre especies para una misma variable ($p < 0,05$).

Especie	Dp	H	BRP	BFG	BTs
<i>L. divaricata</i>	235,95 A	234,48 A	5,29 A	4,06 A	9,35 A
<i>C. microphylla</i>	224,56 A	182,33 B	9,82 B	9,33 B	19,14 B

Determinación de la Densidad

Con el objetivo de poder brindar un único valor de densidad y ofrecer a los productores mayor practicidad a la hora de determinar el volumen de leña, se promediaron los valores individuales de densidad determinados en el laboratorio de las muestras colectadas para las especies estudiadas. Se presentan a continuación los valores medios y los desvíos estándares:

- *C. microphylla*: $1,0586 \pm 0,056 \text{ g/cm}^3$.
- *L. divaricata*: $0,9966 \pm 0,045 \text{ g/cm}^3$.

Correlación entre variables dependientes y variables dendrométricas

En las tablas 5 y 6 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables dependientes y predictoras. BTs y, por lo tanto, CO₂ eq (CO₂eq = BTs*0,47*3,6666), fueron las variables más relacionadas con las variables independientes estudiadas para ambas especies, ya que las mismas presentaron valores altos de coeficientes de Pearson (r). Las correlaciones con Dp fueron elevadas y moderadas con H. En el caso de BRP se pudo observar que presentó valores similares que para el caso de BTs, en cambio para BFG y VFG los valores de coeficiente de correlación fueron moderadamente menores que los obtenidos por las variables antes mencionadas. A su vez, en el caso de *C. microphylla* el valor del coeficiente de correlación para todas las variables independientes con H fue mayor que en el caso de *L. divaricata* donde los valores fueron menores.

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables dependientes y predictoras para *L. divaricata*. BTs (kg): biomasa total seca; VFG (cm³): volumen de fracción gruesa; CO₂ eq. (kg): dióxido de carbono equivalente; BFG (kg): biomasa de fracción gruesa; BRP (kg): biomasa de rama pequeña. H (cm): altura total; Dp (cm): diámetro promedio; r: coeficiente de correlación de Pearson; p-valor: significancia estadística.

	H (cm)		Dp (cm)	
	r	p-valor	r	p-valor
BTs(kg)	0,6315	0,0028	0,9083	<0,0001
VFG (cm³)	0,5034	0,0468	0,8449	<0,0001
CO₂eq. (kg)	0,6316	0,0028	0,9083	<0,0001
BFG (kg)	0,5011	0,0480	0,8440	<0,0001
BRP (kg)	0,6539	0,0018	0,9041	<0,0001

Tabla 6. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables dependientes y predictoras para *C. microphylla*. BTs (kg): biomasa total seca; VFG (cm³): volumen de fracción gruesa; CO₂eq (kg): dióxido de carbono equivalente; BFG (kg): biomasa de fracción gruesa; BRP (kg): biomasa de rama pequeña. H (cm): altura total; Dp (cm): diámetro promedio; r: coeficiente de correlación de pearson; p-valor: significancia estadística.

	H (cm)		Dp (cm)	
	r	p-valor	r	p-valor
BTs (kg)	0,7994	<0,0001	0,9238	<0,0001
VFG (cm³)	0,7959	<0,0001	0,8783	<0,0001
CO₂eq. (kg)	0,7994	<0,0001	0,9238	<0,0001
BFG (kg)	0,7974	<0,0001	0,8824	<0,0001
BRP (kg)	0,7789	<0,0001	0,9209	<0,0001

Ajuste de ecuaciones alométricas lineales y no lineales

Los resultados del ajuste de las diferentes ecuaciones alométricas se encuentran detalladas en la sección del apéndice. El análisis de regresión, para las ecuaciones, presentó valores altamente significativos en todos los casos con un $p < 0,05$. Las ecuaciones que mejor ajuste presentaron para BTs en ambas especies se pueden observar en la tabla 7. En ella se detallan los valores de AIC, de ECM, de R^2 ajust. y de E.abs, para cada especie. Con respecto a *L. divaricata* la ecuación 11_{NL} presentó los mejores valores para los indicadores de bondad de ajuste. En segundo lugar se destaca la ecuación 4_{NL}, con valores de indicadores de bondad de ajuste inferiores al modelo antes mencionado. En el caso de *C. microphylla* la ecuación 5_{NL} presentó el mejor ajuste. Para ambas especies, la ecuación 10_L, quedó en tercer lugar.

Tabla 7. Resultados de las tres ecuaciones alométricas lineales y no lineales con mejor ajuste de BTs (biomasa total seca) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata* y *C. microphylla*.; el sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal. AIC: criterio de información de Akaike; ECM: error cuadrático medio.; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; E.abs: error absoluto.

Especie	Ecuación	AIC	ECM	R^2 ajust.	E.abs
<i>L. divaricata</i>	11_{NL}	112,19	13,779	0,8842	2,8550
	4_{NL}	116,37	16,221	0,8637	2,7749
	10_L	122,43	21,961	0,8155	3,5395
<i>C. microphylla</i>	5_{NL}	101,47	13,254	0,9526	2,6386
	11_{NL}	114,69	29,053	0,8960	4,1377
	10_L	122,86	43,496	0,8443	5,2480

Con el fin de poder hacer una mejor interpretación de los resultados obtenidos, se presentaron en forma de gráfico las mejores ecuaciones ajustadas para BTs.

En la figura 5 se observa la ecuación 11_{NL}, para *L. divaricata*, la cual comprende una sola variable predictora, Dp. En este caso, BTs mostró una tendencia positiva con respecto a la variable independiente.

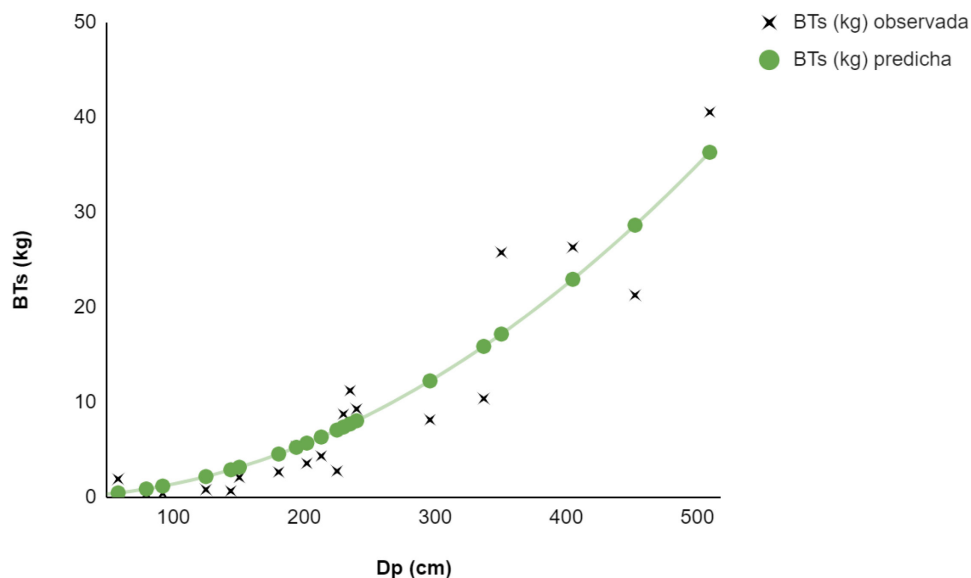


Figura 5. Gráfico de dispersion para la ecuación 11_{NL} en *L. divaricata*; los puntos representan valores predichos (BTs predicha) y las cruces valores observados (BTs observada), para cada individuo. Dp (cm): diámetro promedio de copa; BTs (kg): biomasa total seca.

En la figura 6, se han representado los valores predichos en función de los valores observados utilizando la ecuación 5_{NL} para *C. microphylla*. Se puede observar el buen ajuste que muestra el modelo, con un valor de coeficiente de determinación (R^2 ajust.) de 0,9526 y un error cuadrático medio (ECM) de 13,254.

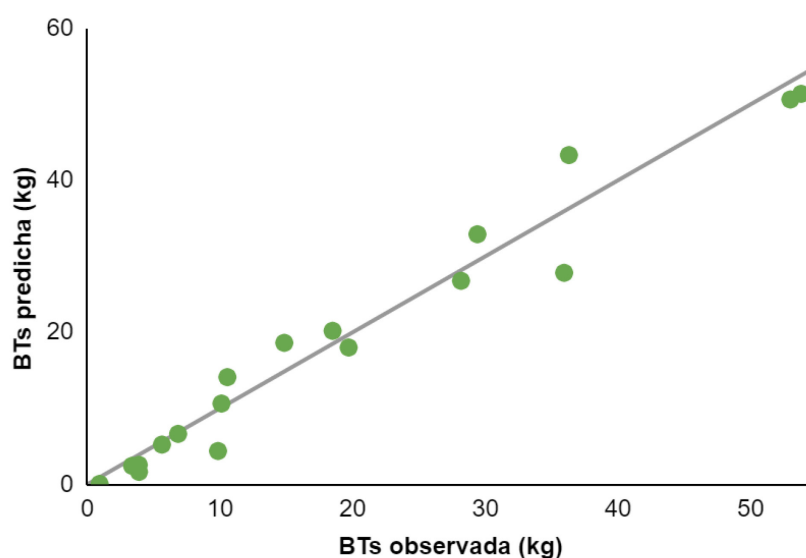


Figura 6. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 5_{NL} en *C. microphylla*; BTs predicha (kg): biomasa total seca predicha; BTs observada (kg): biomasa total seca observada.

En la tabla 8, como es de esperarse, las ecuaciones que presentaron buen ajuste para CO₂ eq. coinciden con las ecuaciones para BTs, ya que para el cálculo de CO₂ eq. se utilizó BTs ($CO_2eq = BTs * 0,47 * 3,6666$), presentando una relación directa entre estas variables. Para *L. divaricata* la ecuación 11_{NL} presentó los mejores resultados, seguido por la 4_{NL}. En el caso de *C. microphylla* la ecuación 5_{NL} fue la que mejor ajuste presentó.

Tabla 8. Resultados de las tres ecuaciones alométricas lineales y no lineales con mejor ajuste de CO₂ eq. (dióxido de carbono equivalente) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata* y *C. microphylla*.; el sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal. AIC: criterio de información de Akaike; ECM: error cuadrático medio.; R² ajust.: coeficiente de determinación ajustado; E.abs: error absoluto.

Especie	Ecuación	AIC	ECM	R ² ajust.	E.abs
<i>L. divaricata</i>	11_{NL}	133,99	40,985	0,8842	4,9238
	4_{NL}	138,17	48,250	0,8637	4,7840
	10_L	144,23	65,330	0,8154	6,1014
<i>C. microphylla</i>	5_{NL}	121,10	39,434	0,9525	4,5534
	11_{NL}	134,32	86,442	0,8960	7,1368
	10_L	142,49	129,412	0,8443	9,0552

En la figura 7 y 8 se muestran las mejores ecuaciones para cada especie. Se pudieron observar los mismos resultados e interpretaciones que para BTs.

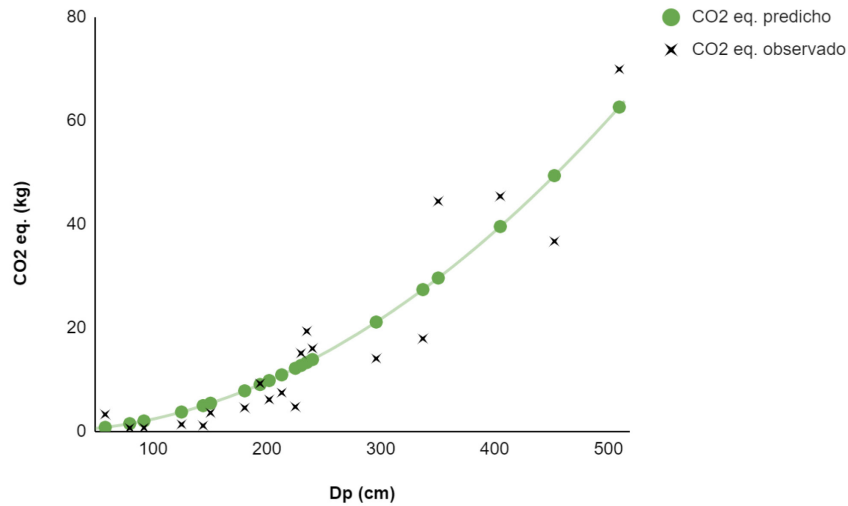


Figura 7. Gráfico de dispersión para la ecuación 11_{NL} en *L. divaricata*, los puntos representan valores predichos (CO₂ eq predicho) y las cruces valores observados (CO₂ eq observado), para cada individuo. Dp (cm): diámetro promedio de copa; CO₂eq. (kg): dióxido de carbono equivalente.

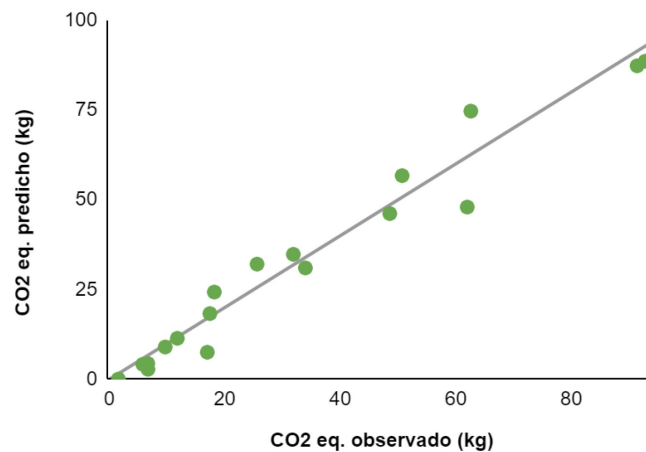


Figura 8. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 5_{NL} en *C. microphylla*; CO₂eq. predicho (kg): Dióxido de carbono equivalente predicho; CO₂eq.(kg) observado: Dióxido de carbono equivalente observado.

Las tres ecuaciones que muestran mejor ajuste de VFG para cada una de las especies se detallan en la tabla 9. Para *L. divaricata*, aunque la ecuación 11_{NL} presenta un valor de AIC ligeramente inferior a la 6_{NL}, se consideró que esta última ecuación proporciona el mejor ajuste debido a que los demás estadísticos ofrecieron mayor bondad de ajuste (Figura 9). Por otro lado, para *C. microphylla* la ecuación

4_{NL} presentó los valores más bajos de AIC, ECM y E.abs, y además, obtuvo el valor más alto de R² ajust. (Figura 10).

Tabla 9. Resultados de las tres ecuaciones alométricas lineales y no lineales con mejor ajuste de VFG (volumen de fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata* y *C. microphylla*.; el sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal. AIC: criterio de información de Akaike; ECM: error cuadrático medio.; R² ajust.: coeficiente de determinación ajustado; E.abs: error absoluto.

Especie	Ecuación	AIC	ECM	R ² ajust.	E.abs
<i>L. divaricata</i>	11_{NL}	304,67	9056759,66	0,7699	2003,20
	6_{NL}	304,73	7809197,26	0,8015	1803,88
	10_L	310,16	12067697,29	0,6934	2174,88
<i>C. microphylla</i>	4_{NL}	321,67	7696484,24	0,8956	2065,85
	5_{NL}	326,15	10017771,90	0,8641	2242,82
	7_{NL}	331,14	13436693,47	0,8178	2704,24

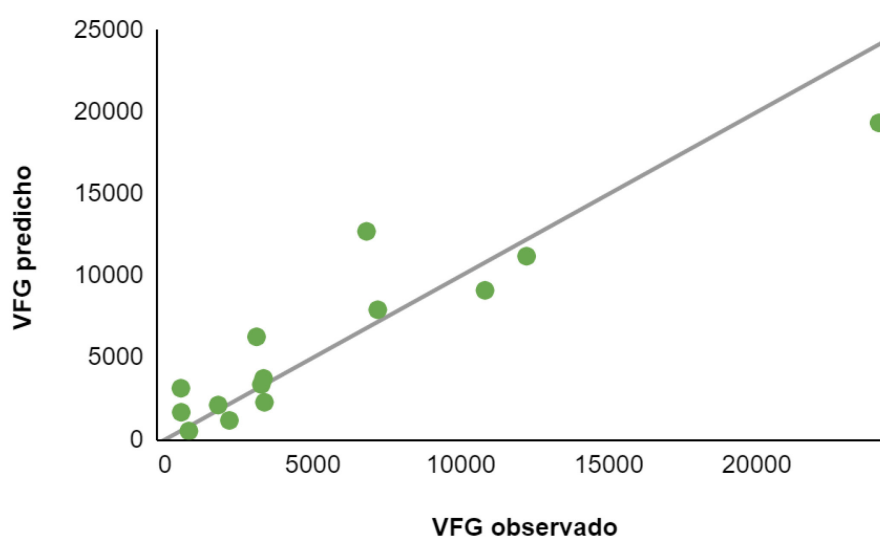


Figura 9. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 6_{NL} en *L. divaricata*. VFG predicho (cm³): volumen de la fracción gruesa predicho; VFG observado (cm³): volumen de la fracción gruesa observado.

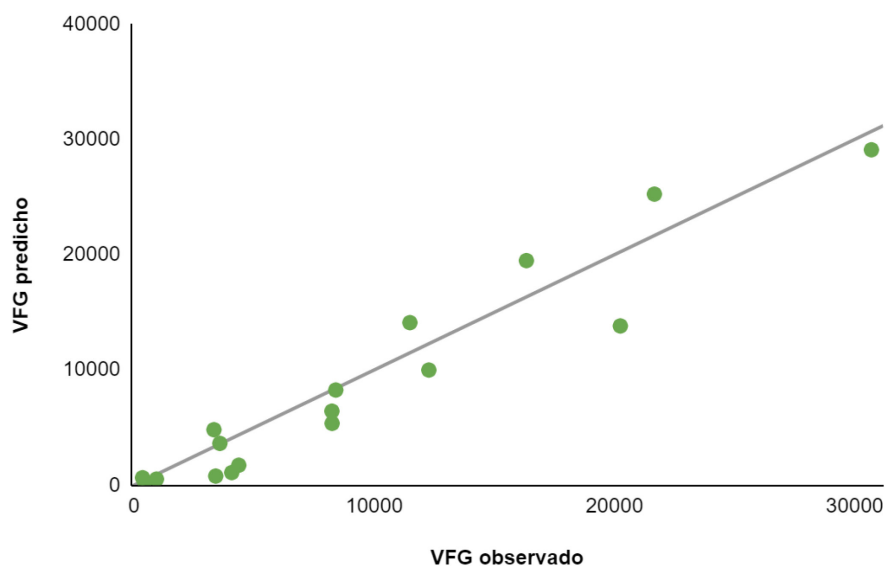


Figura 10. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 4_{NL} en *C. microphylla*. VFG predicho (cm³): Volumen de la fracción gruesa predicho; VFG observado (cm³): volumen de la fracción gruesa observado.

Con respecto a la variable dependiente BFG, se puede observar en la tabla 10 que las ecuaciones 2_{NL} para *L. divaricata* y 4_{NL} para *C. microphylla*, se destacaron por sus bajos valores de AIC, de ECM y de E.abs. Es importante mencionar que ambas ecuaciones incorporan las variables independientes Dp y H.

Tabla 10. Resultados de las tres ecuaciones alométricas lineales y no lineales con mejor ajuste de BFG (biomasa fracciones gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata* y *C. microphylla*.; el sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal. AIC: criterio de información de Akaike; ECM: error cuadrático medio.; R² ajust.: coeficiente de determinación ajustado; E.abs: error absoluto.

Especie	Ecuación	AIC	ECM	R ² ajust.	E.abs
<i>L. divaricata</i>	2 _{NL}	81,67	6,627	0,8333	1,6142

	6_{NL}	83,69	7,814	0,8035	1,8481
	11_{NL}	84,01	9,275	0,7667	2,0550
<i>C. microphylla</i>	4_{NL}	86,04	7,356	0,9131	2,0131
	5_{NL}	91,47	10,125	0,8804	2,2670
	11_{NL}	100,57	18,235	0,7845	3,1835

A continuación, se presentan las figuras 11 y 12 que muestran los gráficos de valores observados versus predichos para aquellos modelos con mayor bondad de ajuste para las variables BFG de cada especie. En ambas figuras, se ve reflejado el grado de ajuste de las ecuaciones 2_{NL} para *L. divaricata* y 4_{NL} para *C. microphylla*.

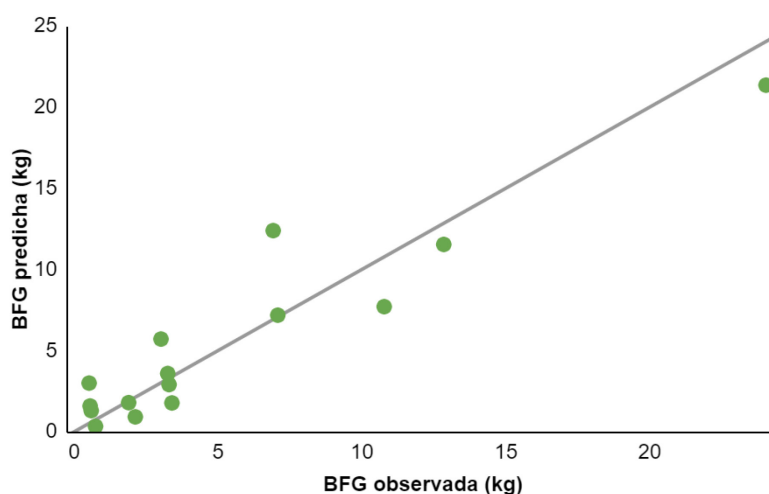


Figura 11. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 2_{NL} en *L. divaricata*; BFG predicha (kg): Biomasa de la fracción gruesa predicha; BFG observada (kg): Biomasa de la fracción gruesa observada.

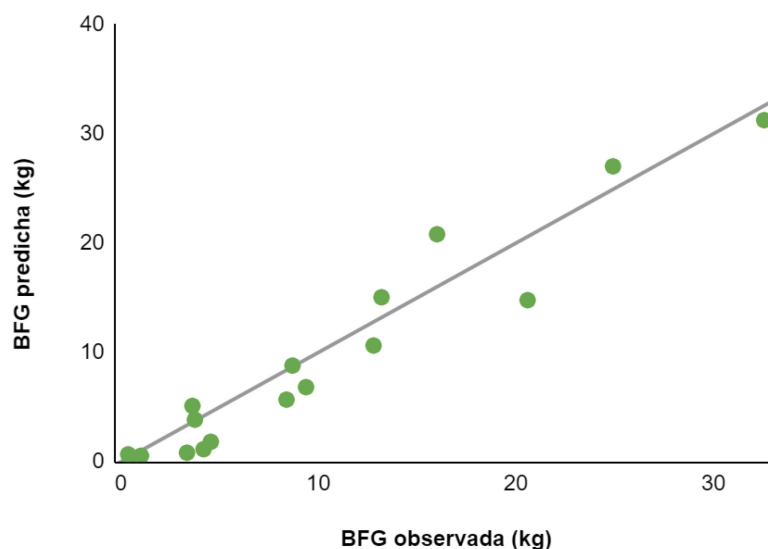


Figura 12. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 4_{NL} en *C. microphylla*; BFG predicha (kg): Biomasa de la fracción gruesa predicha. BFG observada (kg): Biomasa de la fracción gruesa observada.

Respecto a la variable dependiente BRP, del total de ecuaciones evaluadas se destacaron tres para cada especie debido a su bondad de ajuste, las cuales se detallan en la tabla 11. Para *L. divaricata* la ecuación 11_{NL} (figura 13) sobresalió por sus bajos valores de AIC, ECM y E.abs. Por otro lado, para *C. microphylla* la ecuación 4_{NL} (figura 14) presentó los mejores valores de ajuste.

En este caso, se debe tener en cuenta que su utilización requiere conocer los valores de Dp y H.

Tabla 11. Resultados de las tres ecuaciones alométricas lineales y no lineales con mejor ajuste de BRP (biomasa de rama pequeña) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata* y *C. microphylla*.; el sufijo L indica modelo lineal; el sufijo NL indica modelo no lineal. AIC: criterio de información de Akaike; ECM: error cuadrático medio.; R² ajust.: coeficiente de determinación ajustado; E.abs: error absoluto.

Especie	Ecuación	AIC	ECM	R ² ajust.	E.abs
	11 _{NL}	90,30	4,611	0,8374	1,5005

<i>L. divaricata</i>					
	3_L	93,55	5,183	0,8173	1,5399
	10_L	94,63	5,469	0,8072	1,6665
<i>C. microphylla</i>	4_{NL}	82,68	4,665	0,9260	1,6277
	11_{NL}	85,96	5,887	0,9067	1,5228
	9_{NL}	86,15	5,400	0,9144	1,6705

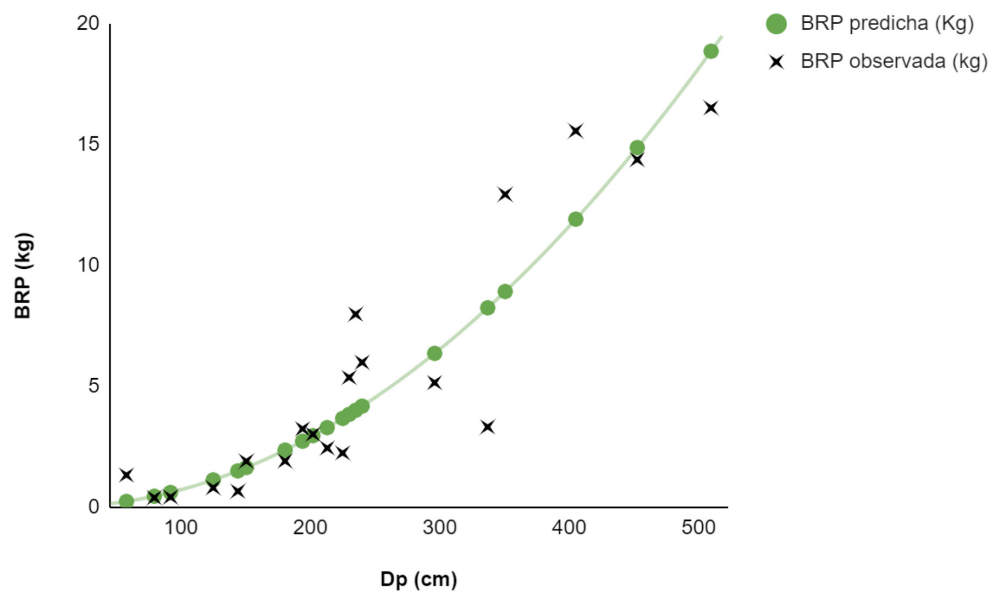


Figura 13. Gráfico de dispersión para la ecuación 11_{NL} en *L. divaricata*, los puntos representan valores predichos (BRP predicha) y las cruces valores observados (BRP observada). Dp (cm): diámetro promedio de copa; BRP (kg): Biomasa de las ramas pequeñas.

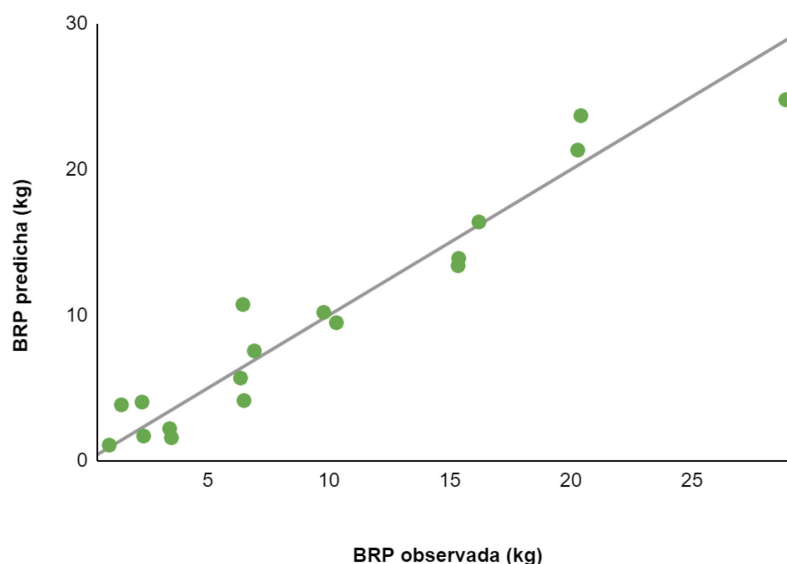


Figura 14. Gráfico de valores observados versus predichos para la ecuación 4_{NL} en *C. microphylla*; *BRP predicha (kg)*: Biomasa de las ramas pequeñas predicha; *BRP observada (kg)*: Biomasa de las ramas pequeñas observada.

Por último, a modo de resumen, se presenta la tabla 12, donde se detallan las ecuaciones que mejor se ajustaron para las variables estudiadas, para cada una de las especies.

Tabla 12. Tabla resumen de las ecuaciones que presentaron mejor ajuste para cada variable dependiente con sus respectivos parámetros, en *L. divaricata* y *C. microphylla*.

Variable	Especie	Ecuación
BTs	<i>L. divaricata</i>	$11_{NL} = 0,0001400 \cdot Dp^2$
	<i>C. microphylla</i>	$5_{NL} = -0,0001092 \cdot Dp^2 + 0,000002057 \cdot Dp^2 \cdot H$
CO ₂ eq.	<i>L. divaricata</i>	$11_{NL} = 0,0002414 \cdot Dp^2$
	<i>C. microphylla</i>	$5_{NL} = -0,0001885 \cdot Dp^2 + 0,000003548 \cdot Dp^2 \cdot H$
VFG	<i>L. divaricata</i>	$6_{NL} = -9722,13 + 0,2835 \cdot Dp^2 + (-0,0006517 \cdot Dp^2 \cdot H) + 25,533 \cdot H$
	<i>C. microphylla</i>	$4_{NL} = Dp^2 \cdot H / (-2147,56 + 817061,91/H)$

BFG	<i>L. divaricata</i>	$2_{NL} = -8,578 + 0,0002992 * Dp^2 - 0,000000452 * Dp^2 * H - 0,000000504 * Dp * H + 0,0001385 * H^2$
	<i>C. microphylla</i>	$4_{NL} = Dp^2 * H / (-2066571,55 + 777854182,75 / H)$
BRP	<i>L. divaricata</i>	$11_{NL} = 0,00007269 * Dp^2$
	<i>C. microphylla</i>	$4_{NL} = Dp^2 * H / (1598955,56 - 72739395,55 / H)$

DISCUSIÓN

Biomasa aérea y variables dendrométricas

Cuando se analizaron los valores de las variables biométricas mediante ANOVA, fue posible identificar que existen diferencias entre ambas especies. Si bien la variable Dp no tiene diferencias significativas, sí se encontraron diferencias en H de cada una de las especies. *L. divaricata* es una especie que presenta mayor altura promedio que *C. microphylla* como se observa en tabla 2. En el caso de la BTs, en *C. microphylla* resultó mayor que en *L. divaricata*, y el fraccionamiento de la misma es diferente según la especie. En *L. divaricata* el componente correspondiente a BRP es mayor que para *C. microphylla*, observándose lo contrario que BFG (tabla 3).

Determinación de densidad

Con respecto al valor de densidad de la madera de las dos especies en estudio, al investigar la bibliografía, no se ha encontrado ningún registro que indique el valor de estas especies específicamente para esta región. Es importante mencionar que muchas especies no cuentan con estudios sobre su densidad, esto puede deberse, entre otras causas, a que pueden tratarse de especies de escaso valor comercial (Urdapilleta, 2018). Solo se encontraron valores de densidad de madera para el mismo género, para *C. lineata* con un valor de densidad de madera seca de 1,11 g/cm³ y densidad de madera verde de 1,27 g/cm³, *C. buxifolia* con un valor de densidad de madera seca de 1,03 g/cm³ y densidad de madera verde de 1,23 g/cm³ (Atencia, 2003). Estos valores en seco, son muy similares a los que

fueron obtenidos en este trabajo para *C. microphylla* (1,06 g/cm³). Para el caso de *Larrea* solo se encontró el valor de densidad para la especie *L. tridentata*, la cual fue de 1,03 g/cm³ (Ordóñez Díaz, 2015). También se asemeja al valor encontrado en este trabajo para *L. divaricata* (1,00 g/cm³).

Correlación entre variables dependientes y variables dendrométricas

Por lo que se refiere al análisis de correlación para ambas especies, se observa que la variable independiente Dp fue la que mejor se correlacionó con las variables dependientes. Presentó valores de coeficiente de correlación de Pearson mayores en *C. microphylla* que en *L. divaricata* para todas las variables dependientes. Cuando se analizó la correlación se pudo observar una tendencia positiva, lo que indica que a medida que aumenta el Dp, las variables dependientes aumentan.

Con lo que respecta a la variable H, en ambas especies exhibió un coeficiente de correlación de Pearson menor al evidenciado por el Dp. Esto se observó principalmente en *L. divaricata*, donde los valores oscilaron entre 0,5011 y 0,6539. En el caso de *C. microphylla*, el coeficiente adquirió valores más elevados, entre 0,7789 a 0,7994. Esto adquiere relevancia al ajustar las ecuaciones para esta especie, ya que en este trabajo, las que mejor se ajustaron incluyeron a la variable H como estimador. Por su parte Gaillard de Benitez et al. (2013) estimaron la biomasa en *C. microphylla* en el ecosistema de Parque Chaqueño Seco en Santiago del Estero, los autores consideraron que la altura total fue la variable que mejor se relacionaba con la biomasa en las ecuaciones univariadas, a diferencia de los resultados obtenidos en este trabajo, donde la variable independiente que mejor se relaciona con las variables dependiente, es Dp.

Biomasa Total seca (BTs)

Los valores hallados de BTs para *L. divaricata*, muestran que la ecuación 11_{NL} (BTs = 0,0001400 * Dp²) presentó los mejores valores para los indicadores de bondad de ajuste. En comparación Álvarez Redondo & Adema (2018), estos autores consideraron las mismas variables para estimar la biomasa de *L. divaricata* en La Pampa, el diámetro de copa y la altura, cada una de ellas obtenidas a partir del

promedio de cuatro lecturas para cada variable por cada individuo. La ecuación que tuvo el mejor ajuste en este caso fue $B = 0,00000273 * D^{2,27}$, donde B es biomasa que se encuentra expresada en kilogramos y D es diámetro de copa promedio en cm, con un R^2 de 0,96. Al igual que el presente trabajo, los autores consideraron que el diámetro fue la variable que mejor predijo a la biomasa. La principal diferencia radica en que la variable altura (H), para Alvarez Redondo & Adema (2018), la cual surge de un promedio de mediciones, fue desestimada debido a que no muestra un ajuste de regresión significativo para predecir la biomasa. En este informe, la altura estaba implicada en el modelo 4_{NL} ($BTs = Dp^2 * H / (3037811,742 + (-255317129,91) / H)$), considerándose como una de las tres mejores ecuaciones del total evaluadas, con un R^2 ajust. de 0,8627. Por otro lado, Hierro et al. (2000) tuvieron en cuenta otras variables explicativas como diámetro de la rama más larga, ancho máximo de la copa y volumen de la copa. En dicha investigación, en la región del Monte en Argentina, para *L. divaricata* la ecuación lineal que presentó mejor ajuste fue $\ln(w) = 7,19 + 0,93 \ln(vol)$, donde w es peso seco total en gramos y vol. volumen de la copa en m^3 , con un R^2 de 0,96. También obtuvieron una ecuación no lineal, $w = 1410,32 * vol^{0,94}$ con un R^2 de 0,87. Estos autores concluyeron de manera general para ocho especies arbustivas, que el diámetro de la rama más larga era la variable medible en campo más fácil de tomar, además de ser el mejor predictor de la biomasa de las especies estudiadas. Por su parte, Gaillard de Benitez et al. (2002) determinaron funciones para la estimación de biomasa aérea individual de *L. divaricata* en el Parque Chaqueño Seco en la Provincia de Santiago del Estero, en donde se utilizaron como variables independientes la altura total (ht) en m, el perímetro de la base (pb) en cm, perímetro de copa (pc) en m y el número de ramificaciones (r). Una de las ecuaciones que mejor ajuste tuvo fue $pst = 140059,1 - 1,26566 * pb^2 + 0,245327 * ht^2 * pb^2$, donde pst: peso seco total en gramos. Los ajustes de las diferentes funciones demostraron que ninguna de estas variables por sí sola es suficiente y en el caso del perímetro de la copa, la dificultad en su medición indicó la necesidad de determinar funciones en las que esta variable no intervenga.

Por su parte, los resultados obtenidos para *C. microphylla*, indicaron que las variables explicativas que predijeron con mayor exactitud las variables dependientes fueron Dp y H, en este caso la ecuación 5_{NL} ($BTs = -0,0001092 * Dp^2 +$

0,000002057*Dp²*H). Esta ecuación fue la que menores valores de AIC y de errores presentó, con un R² ajust. de 0,9526. La ecuación 11_{NL} tuvo un valor de R² ajust. levemente menor, de 0,8960. Sin embargo, incluye una sola variable adquiriendo mayor sencillez al momento de tomar los datos a campo. La utilización de una u otra ecuación dependerá del análisis que se requiera o de las dificultades presentadas a la hora de realizar las mediciones en el campo. Según Alvarez Redondo & Adema (2018), para *C. microphylla* el modelo resultante fue $B = 0,00000164 * D^{2,99}$, donde B es biomasa en kilogramos y D es diámetro promedio en cm, con un R²= 0,94. El mismo es similar a la ecuación 12 del presente trabajo ($VBC = a * Dp^b$) sin embargo esta ecuación fue descartada debido a que el valor del error del parámetro “a” fue mayor al valor del mismo. Por su parte, Gaillard de Benitez et al. (2013) midieron tres variables, perímetro de copa (pc) en m, perímetro de base (pb) en cm y altura total (ht) en m, para estimar la biomasa en *C. microphylla*. Para las funciones univariadas se utilizó la ecuación $\ln \text{pst} = 5,3722 + 3,3902 * \ln \text{ht}$, con un R² ajust. 0,9125, donde pst: peso seco total en gramos. Para las ecuaciones de regresión múltiple la que mejor ajuste presentó fue $\ln \text{pst} = 3,1773 + 2,1536 * \ln \text{ht} + 0,7731 * \ln \text{pb} + 0,5095 * \ln \text{pc}$, con un R² ajust. de 0,96. En base a estos resultados, los autores concluyeron que la ht resultó ser la variable más adecuada para el modelo univariado, tanto desde el punto de vista estadístico como su aplicación en la práctica. Hierro et al. (2000), realizaron estimaciones de la biomasa total de *C. microphylla* mediante regresiones lineales y no lineales. La regresión lineal que mejor ajuste presentó fue $\ln (w) = 6,77 + 2,93 * \ln (mcw)$, obteniendo un valor de R² de 0,98, donde w es peso seco total en gramos y mcw es ancho máximo de copa en m. Respecto a la regresión no lineal que mejor ajuste presentó, esta fue $w = 1692,02 * mcw^{2,24}$, con un R² de 0,96. En ambas regresiones se utilizó una sola variable (mcw), caso similar a la ecuación 11_{NL} donde se utilizó Dp.

Dióxido de Carbono equivalente (CO₂ eq.)

Los estudios para la determinación de ecuaciones alométricas que permitan estimar el CO₂ eq. son poco frecuentes en estas especies, y en particular para esta zona. Si bien existen estudios de la cuantificación de C y CO₂ eq. de estas especies leñosas en diferentes regiones fitogeográficas, si quisiéramos determinar la cantidad

de CO₂ eq. fijado por hectárea, sería necesario llevar a cabo un inventario de leñosas, lo que permitiría determinar la cantidad de individuos de cada especie por hectárea y posteriormente el valor en tonelada de C fijado por hectárea.

En este informe se obtuvieron resultados de CO₂ eq. para ambas especies y como es de esperar, los modelos más relevantes fueron idénticos a los obtenidos para la BTs. Esto se debe a que el CO₂ eq. surge a partir del producto de la BTs * 0,47 * 3,6666, dos términos ya mencionados previamente. Es por este motivo que para la determinación de estas variables dependientes se podría utilizar los mismos modelos predictivos para ambas especies, con la medición del diámetro de copa máximo y su perpendicular y el posterior cálculo del Dp, se podría obtener estimaciones de CO₂ eq. y de BTs con un buen ajuste. Esto implicaría una reducción del tiempo requerido para las mediciones de campo.

Conocer la potencialidad de un sistema leñoso para secuestrar y almacenar C en forma de biomasa es importante debido a que, el sector forestal, puede ayudar a cumplir con las metas establecidas por los países en el marco del Acuerdo de París (Sione et al., 2020). En el territorio argentino, la deforestación y degradación varían en función de las distintas zonas ecológicas, lo que implica la necesidad de desarrollar enfoques específicos para abordar la estrategia nacional de REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación). Para lograrlo, resulta imprescindible contar con datos sólidos, coherentes y adaptados a las particularidades de cada ecorregión. En este contexto, es fundamental medir, monitorear y reportar de manera periódica la cobertura boscosa, las emisiones y capturas de carbono en las áreas forestales, así como las dinámicas de deforestación (Programa ONU-REDD, 2019).

CONCLUSIONES

Se observó en los resultados que la biomasa aérea, VFG y CO₂ eq. de *C. microphylla* y *L. divaricata* pudieron ser modeladas mediante ecuaciones matemáticas, presentando una relación directa con el Dp de copa y la H, variables de fácil medición generalmente determinadas en los inventarios forestales.

Estas funciones son útiles para predecir la biomasa aérea y el volumen de leña, de manera no destructiva y representan una herramienta valiosa para su

aplicación en el monitoreo de los depósitos de C en bosques de esta región. Si bien para cada una de las especies se encontró una ecuación que permitió predecir cada variable dependiente, al analizar el comportamiento de la ecuación 11, se observó que para todas las variables dependientes tuvo un buen ajuste. Si se analiza el esfuerzo en la toma de datos durante el inventario y el tiempo requerido para el mismo, esta ecuación podría ser útil, debido a su sencillez y practicidad. Es decir que solo con la medición del Dp de un arbusto de las especies estudiadas, se puede estimar su biomasa aérea, el volumen de la fracción gruesa y el dióxido de carbono equivalente fijado.

Al buscar bibliografía, se observaron informes que buscan estimar principalmente la biomasa total en sus ecuaciones. Para el resto de las variables dependientes presentes en este trabajo, se encontró poca información.

Las ecuaciones matemáticas pueden ser utilizadas en forma general cuando no existen ecuaciones específicas para zonas o condiciones particulares, sobre todo en áreas donde no se puede aplicar un muestreo destructivo, como áreas de reservas. Sin embargo, se resalta la importancia de utilizar funciones específicas para cada especie e incluso para cada provincia fitogeográfica. Esto permitiría predicciones más precisas sobre las variables en estudio.

La importancia de este trabajo fue encontrar ecuaciones que permitan cuantificar algunos bienes y servicios ecosistémicos que pueden brindar estos bosques. Esto toma relevancia frente a un escenario donde la interrelación entre variables climáticas, uso de la tierra y régimen del fuego generan una gran presión sobre estos ecosistemas provocando su degradación y/o reducción (Rodríguez, 2017). En muchos casos este cambio en la vegetación relacionado al uso de la tierra, promueve la emisión de C. En este contexto, es importante dar a conocer los bienes y servicios ecológicos que brindan estos bosques y favorecer estrategias de manejo para el uso sustentable del mismo.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director, Agustin Montenegro y co-director Juan Manuel Cellini, por sus consejos, por su acompañamiento y apoyo a lo largo de la realización de este trabajo. A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, universidad

pública y gratuita que nos permitió realizar nuestros estudios. A nuestros amigos y compañeros, con quienes compartimos este largo trayecto. Y principalmente a nuestras familias que nos apoyaron y nos contuvieron en todo momento, permitiéndonos finalizar esta etapa.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta Mireles, M., J. Vargas Hernández, A. Velázquez Martínez & J.D. Etchevers Barra. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* 36(6): 725-736.

Alvarez Redondo, M.P., & E.O. Adema. 2018. Capacidad de retención de agua por el dosel de los arbustos en la región árida semiárida central de Argentina. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam* 28(1): 31-40.

Andrade, H.J., M.A. Segura & L.A. Forero. 2014. Desarrollo de modelos alométricos para volumen de madera, biomasa y carbono en especies leñosas perennes: conceptos básicos, métodos y procedimientos. Ibagué, Colombia. Sello Editorial Universidad del Tolima. 48 pp.

Atencia, M.E. 2003. Densidad de maderas (kg/m^3) ordenadas por nombre común. INTI, CITEMA. Argentina. 8 pp.

Bayón, J.M. 2021. Construcción de mapa de ambientes y planificación del uso de los suelos del Establecimiento “El Jagüel” (Villalonga, Partido de Patagones, Bs. As). Trabajo Final de Intensificación. Departamento de Agronomía, UNS, Bahía Blanca, Argentina. 45 pp.

Brown, S., A.J. Gillespie & A.E. Lugo. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest science* 35(4): 881-902.

Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería* 2: 1-85.

Conti, G., L. Enrico, F. Casanoves & S. Díaz. 2013. Shrub biomass estimation in the semiarid Chaco forest: A contribution to the quantification of an underrated carbon stock. *Annals of Forest Science* 70(5): 515-524.

Delgado, F., A. Salvat, F. Capellino, L. Antonacci, H. Godoy & F.J. Blanco Viera. 2007. Intoxicación por *Condalia microphylla* (Piquillín). Descripción clínica y patológica y su reproducción experimental. *Revista de Medicina Veterinaria* 88(6): 255-260.

Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, & C.W. Robledo. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

Friedl, R., R. Costas, D. Maiocco, L. Grance & J. Palavecino. 1991. Construcción de tablas de volúmenes estándares para *Araucaria angustifolia*. Actas de las VI Jornadas Técnicas de la Facultad de Ciencias Forestales. ISIF - FCF. pp. 57-68.

Gabella, J.I. 2014. Gestión territorial y degradación ambiental en áreas rurales de la diagonal árida templada argentina: partido de Patagones, Provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía, UNS, Bahía Blanca, Argentina. 216 pp.

Gaillard de Benítez, C., M. Pece, M. Juárez de Galíndez, S. Vélez & A. Gómez. 2002. Determinación de funciones para la estimación de biomasa aérea individual de jarilla (*Larrea divaricata*) de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Foresta Veracruzana* 4(2): 23-28.

Gaillard de Benítez, C., M. Pece, M. Juárez de Galíndez, A. Gómez, & M. Zárate. 2013. Modelización de funciones para estimar biomasa aérea individual de piquillín (*Condalia microphylla* Cav, *Ramnacea*) y tala chiquito (*Celtis pallida* Torr, *Celtidacea*) en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho Santiago del Estero* 21(1): 46-54.

Gaspari, F.J., J. Goya, M. Arturi, S. Burns, L. de Antueno & S. Torres Robles. 2021. Diagnóstico ambiental y socio económico de cuencas forestales:

Cuenca Forestal Puan–Villarino-Patagones, Provincia de Buenos Aires. Informe Final de Consultoría. Proyecto: Fondo Cooperativo de Preparación para el Carbono de los Bosques (FCPF) - Donación N° TF019086. Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Fundación Innova-T, CONICET. 83 p.

Gasparri, N.I., R.H. Grau & E. Manghi. 2008. Carbon Pools and Emissions from Deforestation in Extra-Tropical Forests of Northern Argentina between 1900 and 2005. *Ecosystems* 11(8): 1247-1261.

Hierro, J.L., L.C. Branch, D. Villarreal & K.L. Clark. 2000. Predictive Equations for Biomass and Fuel Characteristics of Argentine Shrubs. *Journal of Range Management* 53(6): 617-621.

Hirigoyen, A., J. Franco & U. Diéguez. 2018. Modelo dinámico de rodal para *Eucalyptus globulus* (L.) en Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 22(1): 63-80.

Iglesias, M.D.R. & A.H. Barchuk. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral* 20: 71-79.

IPCC. 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC. CMNUCC. pp. 42-44.

Ithurrart, L. 2015. Efecto de la defoliación luego de la quema de gramíneas perennes nativas, palatables y no palatables, en el sudoeste bonaerense. Dr. Tesis. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina. 202 pp.

Katja, A., P. Annighöfer, J. Schumacher & C. Ammer. 2014. Biomass equations for seven different tree species growing in coppice-with-standards forests in Central Germany. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29(3): 210-221.

Kim, D.G. & M.U.F. Kirschbaum. 2015. The effect of land-use change on the net exchange rates of greenhouse gases: A compilation of estimates. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 208: 114-126.

Kröpfl, A., N. Villasuso & G. Peter. 2012. Guía para el reconocimiento de especies de los pastizales del Monte Oriental de Patagonia. Ed. INTA. San Carlos de Bariloche. 117 pp.

Lerner, P.D. 2004. El Caldenar: dinámica de poblaciones de caldén y procesos de expansión de leñosas en pastizales. En: Ecología y manejo de los bosques de Argentina. M.F. Arturi, J.L. Frangi & J.F. Goya (Editores). Ed. UNLP, La Plata. pp:1-15.

Lini, R.M. 2008. Evaluación del avance del desmonte para uso agrícola en el noreste rionegrino, mediante el uso de sistemas de información geográfica. Informe de avance. Dirección de Bosques, Ministerio de Producción, Provincia de Río Negro. 8 pp.

Maggio, A.D. 2014. Recopilación de ecuaciones de volumen de especies forestales en la República Argentina. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina. 342 pp.

Martino, R.F., M.D.R. Alonso & C.A. Anesini. 2013. *Larrea divaricata* Cav una planta con gran potencial en fitoterapia. Revista BIFASE 26(1): 45-52.

Moscovich, F., E. Crechi, H. Fassola, A. Hennig, H. Hampel, C. Domecq & C. Maletti. 2004. Funciones de volumen y forma para *Grevillea robusta* en Misiones Argentina. Actas de las 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales de El dorado, Misiones, Argentina. FCF, UNaM-EEA Montecarlo, INTA. pp. 308-315.

Oñatibia, G.R., R.M Aguiar, P.A. Cipriotti & F. Troiano. 2010. Individual plant and population biomass of dominant shrubs in Patagonian grazed fields. Ecología Austral 20: 269-279.

Ordóñez Díaz, J.A.B., A. Galicia Naranjo, N.J. Venegas Mancera, T. Hernández Tejeda, M.D.J. Ordóñez Díaz & R. Dávalos-Sotelo. 2015. Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J. Rzedowski: compilación. Madera y bosques 21: 77-126.

Pacheco, A., A. Aldrete, G. Gómez, G. Fierros & H. Vaquera. 2007. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *Pinus greggii* Engelm. Revista Fitotecnia mexicana 30(3): 251-254.

Programa Nacional ONU-REDD. 2019. Nivel de referencia de emisiones forestales de la República Argentina.

Risio Alione, L. 2012. Cuantificación de Biomasa y carbono en bosques nativos de *Prosopis caldenia* (Burkart) en la Pampa semiárida, Argentina. M. Sc. Tesis. Escuela Técnica superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, España. 74 pp.

Rodriguez, H.G., R. Maiti, A. Kumari & N.C. Sarkar. 2016. Variability in Wood Density and Wood Fibre Characterization of Woody Species and Their Possible Utility in Northeastern Mexico. American Journal of Plant Sciences 7: 1139-1150.

Rodríguez, L.B. 2017. Variación de la vegetación leñosa con relación a la historia de uso en el SO Bonaerense y NE Rionegrino. Tesis de Grado. Sede Atlantica-Viedma, UNRN, Río Negro, Argentina. 42 pp.

Sánchez, R.M. 2011. Historia de la evolución de las condiciones ambientales de los partidos bonaerenses Villarino y Patagones. En Jornada sobre “Evolución y Futuro del Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense”. pp. 362- 372.

SAyDS (Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la Nación Argentina). 2007. Primer inventario nacional de bosques nativos. Segunda etapa, inventario de campo de la región del Espinal: Distritos del Caldén y Ñandubay. Buenos Aires, Argentina. 125 pp.

Segura, M. & H.J. Andrade Castañeda. 2008. ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?. Agroforestería en las Américas 46: 89-96.

Sione, S., S.G. Ledesma, L.J. Rosenberger, J.D. Oszust, H. Andrade-Castañeda, G.O. Maciel & M.C. Sasal. 2020. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. en bosques de Entre Ríos (Argentina). *Agronomía & Ambiente* 40(1): 63-76.

Torres Robles, S.S., M.F. Arturi, C. Contreras, G. Peter & J.M. Zeberio. 2015. Variaciones geográficas de la estructura y composición de la vegetación leñosa en el límite entre el Espinal y el Monte en el noreste de La Patagonia (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 50(2): 209-215.

Urdapilleta, A. 2018. Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa arbórea en un predio ubicado en la región del Parque Chaqueño húmedo, Argentina. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina. 63 pp.

Vaccaro, S., M.F. Arturi, J.F. Goya, J.L. Frangi & G. Piccolo. 2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia* 29(9): 521-527.

Winschel, C.I. & A. Pezzola. 2018. Avance de la frontera agrícola sobre el monte nativo en Villarino y Patagones. 1975-2018. INTA EDICIONES. Colección Investigación, Desarrollo e Investigación. 36 pp.

Zeberio, J.M. 2012. Avance de la frontera agropecuaria en el noreste patagónico y sus consecuencias en los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad. En: *Ciencia y Tecnología Ambiental. Un enfoque integrador*. Asociación Argentina para el progreso de la ciencia. Buenos Aires, pp: 216-221.

APÉNDICE

A continuación se presentan las tablas para cada variable dependiente con los resultados obtenidos al modelar los doce modelos evaluados separadas en modelos alométricos lineales y no lineales para *L. divaricata* y *C. microphylla*. En las tablas se presentan los números de los modelos empleados, los valores de los parámetros obtenidos para cada modelo, el Error estándar de cada parámetro, el p-valor del modelo, el AIC, el Error absoluto, el R^2 ajustado y el Error cuadrático medio.

Biomasa total seca

Tabla 12. Resultados de los modelos alométricos lineales de BTs (biomasa total seca) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3*	a: 0,7512 b: 0,000000436	a: 1,2505 b: 0,000000042	<0,0001	118,18	2,6730	0,8507	17,768
10	a: -9,6174 b: 0,08037	a: 2,3088 b: 0,008719	<0,0001	122,43	3,5395	0,8155	21,961
11	a: 0,0001400	a: 0,00000849	<0,0001	112,19	2,8550	0,9312	13,779

Tabla 13. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BTs (biomasa total seca) con Dp (diámetro promedio) y H (altura) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*)

Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: -2,1260 b: 0,0002561 c: -0,000000336 d: 0,000000009	a: 2,3530 b: 0,0001248 c: 0,000000481 d: 0,000000253	116,29	2,8195	0,8750	14,877
2*	a: -4,0365 b: 0,0002694 c: -0,000000193 d: -0,000000403 e: 0,00008575	a: 2,864 b: 0,0001241 c: 0,000000492 d: 0,000000438 e: 0,00007472	116,60	2,6312	0,8774	14,588
3*	a: 0,7512 b: 0,0000004355	a: 1,2504 b: 0,0000000416	118,18	2,6730	0,8507	17,758
4	a: 3037811,742 b: -255317129,91	a: 401086,37 b: 112248100,51	116,37	2,7749	0,8637	16,221
5*	a: 0,0001561 b: -0,000000053	a: 0,00007379 b: 0,000000240	114,14	2,9060	0,8781	14,505
6*	a: -4,1289 b: 0,0002747 c: -0,000000408	a: 4,0619 b: 0,0001137 c: 0,000000357	115,91	2,7975	0,8773	14,597

	d:0,009628	d:0,01734				
7	a:-23,3481 b:0,2147	a: 3,837 b: 0,006725	130,94	33,6050	0,7176	4,606
8*	a: -19,8561 b: 0,6224 c: -0,3632	a: 30,2824 b: 0,0258 c: 36,0036	130,49	4,1900	0,7355	31,476
9*	a: 0,2789 b: -0,01077 c: 0,0001656	a: 3,6849 b: 0,02998 c: 0,00005290	115,33	2,6300	0,8760	14,753
11	a: 0,0001400	a: 0,000008491	112,19	2,8553	0,8842	13,779
12*	a: 0,00004337 b: 2,1948	a: 0,00006433 b: 0,2456	113,43	2,6750	0,6146	14,001

Tabla 14. Resultados de los modelos alométricos lineales de BTs (biomasa total seca) con Dp (diámetro promedio) y H (altura) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que algún parámetro presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
-----	------------	-----	---------	-----	-------	--------------	-----

3*	a: -0,1348 b: 0,000001585	a: 1,3991 b: 0,000000089	<0,0001	102,73	2,6802	0,9491	14,201
10	a: -20,6920 b: 0,1774	a: 4,4090 b: 0,01837	<0,0001	122,86	5,2480	0,8443	43,496
11	a: 0,0003534	a: 0,00001829	<0,0001	114,69	4,1377	0,9539	29,053

Tabla 15. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BTs (biomasa total seca) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que algunos de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros		E.E	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
1*	a: 2,5467 b: -0,0002671 c: 0,000002519 d: 0,000000143	a: 3,0493 b: 0,0001949 c: 0,000001113 d: 0,000000798		103,47	2,5862	0,9515	13,554
2*	a: 5,551 b: -0,0001652 c: 0,000000710 d: 0,000003353 e: -0,0004720	a: 3,6335 b: 0,0002016 c: 0,000001672 d: 0,000002399 e: 0,0003341		102,90	2,4007	0,9547	12,653

3*	a: -0,1348 b: 0,000001585	a: 1,3991 b: 0,000000089	102,73	2,6802	0,9491	14,213
4*	a: 200452,47 b: 99858966,27	a: 220728,01 b: 52183068,04	100,16	2,5323	0,9559	12,324
5	a: -0,0001092 b: 0,000002057	a: 0,0001011 b: 0,000000446	101,47	2,6386	0,9526	13,254
6*	a: 4,6607 b: -0,0002969 c: 0,000002784 d: -0,01251	a: 4,6530 b: 0,0001729 c: 0,000000705 d: 0,02895	103,28	2,4991	0,9520	13,406
7	a: -36,515 b: 0,2516	a: 5,6853 b: 0,006025	127,30	5,7945	0,8009	55,641
8*	a: -33,4090 b: 0,7336 c: -0,2680	a: 139,4553 b: 0,03112 c: 102,2076	128,02	5,7944	0,8022	55,286
	a: 5,9677	a: 8,059				

9*	b: -0,09709 c: 0,0006074	b: 0,07686 c: 0,0001673	113,51	2,9688	0,9116	24,694
11	a: 0,0003534	0,00001828	114,69	4,1376	0,8960	29,053
12*	a: 0,00001334 b: 2,5714	a: 0,00002056 b: 0,2673	111,47	2,9010	0,9174	23,092

Dióxido de Carbono equivalente

Tabla 16. Resultados de los modelos alométricos lineales de CO₂ eq. (dióxido de carbono equivalente) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
3*	a: 1,2957 b: 0,000000751	a: 2,1566 b: 0,000000072	<0,0001	139,98	4,6073	0,8508	52,822
10	a: -16,5872 b: 0,1386	a: 3,9821 b: 0,01503	<0,0001	144,23	6,1014	0,8154	65,330
11	a: 0,0002414	a: 0,00001464	<0,0001	133,99	4,9238	0,9312	40,985

Tabla 17. Resultados de los modelos alométricos no lineales de CO₂eq (dióxido de carbono equivalente) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: -3,6663 b: 0,0004417 c: -0,000000580 d: 0,000000015	a: 4,0582 b: 0,0002153 c: 0,000000830 d: 0,000000436	138,09	4,8616	0,8750	44,251
2*	a: -6,9643 b: 0,0004648 c: -0,000000333 d: -0,000000696 e: 0,0001480	a: 4,9386 b: 0,0002141 c: 0,000000849 d: 0,000000755 e: 0,0001288	138,40	4,5356	0,8775	43,384
3*	a: 1,2957 b: 0,000000751	a: 2,1566 b: 0,000000072	139,98	4,6073	0,8508	52,822
4	a: 1761363,556 b: -148046164,028	a: 266857,42 b: 70223083,28	138,17	4,7840	0,8637	48,250
5*	a: 0,0002693	a: 0,0001272	135,94	5,0121	0,8781	43,145

	b: -0,000000091	b: 0,000000414				
	a: -7,1244	a: 7,0052				
	b: 0,0004738	b: 0,0001961	137,71	4,8195	0,8774	43,416
6*	c: -0,000000703	c: 0,000000615				
	d: 0,01662	d: 0,02991				
	a: -34,637	a: 6,0080	151,91	7,7865	0,7291	95,913
7	b: 0,2415	b: 0,006692				
	a: -29,199	a: 100,244				
8*	b: 0,7021	b: 0,02536	150,98	6,9835	0,7523	87,696
	c: -0,2742	c: 78,129				
	a: 0,4833	a: 6,3551				
9*	b: -0,01859	b: 0,05171	137,13	4,5352	0,8760	43,879
	c: 0,0002856	c: 0,00009123				
11	a: 0,0002414	a: 0,00001464	133,99	4,9238	0,8842	40,985
12*	a: 0,00007479	a: 0,0001109	135,23	4,6139	0,8824	41,645
	b: 2,1948	b: 0,2455				

Tabla 18. Resultados de los modelos alométricos lineales de CO₂ eq. (dióxido de carbono) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para C. microphylla. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
3*	a: -0,2326 b: 0,000002734	a: 2,4134 b: 0,000000153	<0,0001	122,36	4,6244	0,9491	42,289
10	a: -35,691 b: 0,3060	a: 7,6051 b: 0,03169	<0,0001	142,49	9,0552	0,8443	129,412
11	a: 0,0006097	a: 0,00003154	<0,0001	134,32	7,1368	0,9539	86,442

Tabla 19. Resultados de los modelos alométricos no lineales de CO₂ eq. (dióxido de carbono equivalente) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para C. microphylla. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: 4,3928 b: -0,0004607 c: 0,000004345 d: 0,000000246	a: 5,2598 b: 0,0003362 c: 0,000001920 d: 0,000001377	123,10	4,4619	0,9514	40,327
2*	a: 9,5754 b: -0,0002851 c: 0,000001225	a: 6,2674 b: 0,0003478 c: 0,000002883	122,53	4,1424	0,9547	37,647

	d: 0,000005783 e: -0,0008142	d: 0,000004139 e: 0,0005762				
3*	a: -0,2326 b: 0,000002734	a: 2,4134 b: 0,000000153	122,36	4,6244	0,9491	42,289
4*	a: 116205,04 b: 57893584,81	a: 148522,83 b: 34594731,89	119,79	4,3691	0,9559	36,668
5	a: -0,0001885 b: 0,000003548	a: 0,0001744 b: 0,000000769	121,10	4,5534	0,9525	39,434
6*	a: 8,0392 b: -0,0005122 c: 0,000004802 d: -0,02158	a: 8,02606 b: 0,0002983 c: 0,000001217 d: 0,04994	122,90	4,3117	0,9520	39,886
7	a: -54,8278 b: 0,2799	a: 8,9101 b: 0,005926	145,87	9,8165	0,8122	156,150
8*	a: -49,1791 b: 0,8164 c: -3,9207	a: 9,8951 b: 0,01961 c: 28023922,14	146,67	9,7096	0,8127	155,820
	a: 10,2936	a: 13,9015	133,14	5,1207	0,9116	73,471

9*	b: -0,1674 c: 0,001047	b: 0,1325 c: 0,0002885				
11	a: 0,0006097	a: 0,00003154	134,32	7,1368	0,8960	86,442
12*	a: 0,00002301 b: 2,5714	a: 0,00003547 b: 0,2673	131,09	5,0045	0,9173	68,706

Volúmen de la fracción gruesa

Tabla 20. Resultados de los modelos alométricos lineales de VFG (volumen de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3*	a: -426,24 b: 0,0002265	a: 1169,45 b: 0,00002485	<0,0001	307,94	1832,18	0,7332	10500798,77
10	a: -7010,21 b: 45,117	a: 2218,47 b: 7,634	<0,0001	310,16	2174,88	0,6934	12067697,29
11	a: 0,06734	a: 0,006898	<0,0001	304,67	2003,2	0,8549	9056759,66

Tabla 21. Resultados de los modelos alométricos no lineales de VFG (volumen de la fracción gruesa) con D_p (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs.	R^2 ajust.	ECM
1*	a: -2221,16	a: 2878,26				
	b: 0,1667	b: 0,1204	306,44	1851,07	0,7792	8687923,02
	c: -0,0002172	c: 0,0004813				
	d: -0,00007497	d: 0,0002522				
2*	a: -8190,32	a: 3723,83				
	b: 0,2838	b: 0,1182				
	c: -0,0004019	c: 0,0004290	302,72	1575,13	0,8315	6630756,68
	d: -0,0005062	d: 0,0002965				
	e: 0,1347	e: 0,06201				
3*	a: -426,24	a: 1169,46				10500798,77
	b: 0,0002265	b: 0,00003485	307,94	1832,18	0,7332	
4*	a: 6344,24	a: 2658,69	307,46	1940,15	0,7410	10192352,46
	b: -539174,48	b: 777984,25				
5*	a: 0,07143	a: 0,06269	306,67	2016,21	0,7535	9700682,31

	b: -0,00001338	b: 0,0002038				
	a: -9722,13	a: 5826,56				
	b: 0,2835	b: 0,1125	304,73	1803,88	0,8015	7809197,26
6	c: -0,0006517	c: 0,0003579				
	d: 25,533	d: 21,2150				
	a: -4317,06	a: 1686,23				12207963,23
7	b: 0,5445	b: 0,009017	310,35	2269,59	0,6898	
	a: 15,2600	a: 4828,40				
	b: -1,401	b: 524520,35				35882831,99
8*	c: 1,5464	c: 0,1330	328,41	3822,65	0,6680	
	a: 1759,27	a: 3935,53				
9*	b: -25,324	b: 28,506	305,72	1636,81	0,7792	8691257,93
	c: 0,1192	c: 0,04698				
11	a: 0,06734	a: 0,006898	304,67	2003,20	0,7699	9056759,66
12*	a: 0,0006085	a: 0,001807	303,41	1650,34	0,7990	7911244,88
	b: 2,7794	b: 0,4872				

Tabla 22. Resultados de los modelos alométricos lineales de VFG (volumen de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
3*	a: -760,61	a: 1336,25	<0,0001	328,11	2218,8	0,8476	11239
	b: 0,0007821	b: 0,00008245					565,96
10	a: -12282,61	a: 3202,07	<0,0001	336,09	2965,85	0,7562	17975
	b: 92,5644	b: 13,006					229,27
11	a: 0,1657	a: 0,01379	<0,0001	333,76	2940,57	0,8939	16525 984,07

Tabla 23. Resultados de los modelos alométricos no lineales de VFG (volumen de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs.	R ² ajust.	ECM
1*	a: 746,42	a:3378,29	328,34	2385,53	0,8591	103902 79,28
	b: -0,1916	b: 0,1960				
	c: 0,001187	c: 0,001142				
	d: 0,0004922	d: 0,0007938				
2*	a: 9191,93	a: 4213,50	322,41	1918,07	0,9042	705966 5,07
	b: -0,1661	b: 0,1618				
	c: -0,001012	c: 0,001251				
	d: 0,005464	d: 0,001973				
	e: -0,8178	e: 0,3062				

3*	a: -760,61 b: 0,0007821	a: 1336,25 b: 0,00008245	328,11	2218,80	0,8476	112395 65,96
4	a: -2147,56 b: 817061,91	a: 1195,42 b: 288485,99	321,67	2065,85	0,8956	769648 4,24
5	a: -0,1312 b: 0,001319	a: 0,08863 b: 0,0003909	326,15	2242,82	0,8641	100177 71,90
6*	a: 5155,93 b: -0,3041 c: 0,002005 d: -16,9313	a: 6489,62 b: 0,1793 c: 0,0007629 d: 36,325	328,55	2414,81	0,8573	105217 36,12
7	a: -5935,30 b: 0,5932	a: 1859,88 b: 0,006517	331,14	2704,24	0,8178	134366 93,47
8*	a: -7581,66 b: 1,6770 c: 1,6795	a: 25739,27 b: 0,05154 c: 0,1141	333,46	2756,22	0,8010	146716 64,88
9*	a: 687,18 b: -30,916 c: 0,2610	a: 8678,87 b: 78,347 c: 0,1635	335,25	2434,51	0,7790	162940 95,56

11	a: 0,1657	a: 0,01379	333,76	2940,55	0,7759	165259 84,07
12*	a: 0,004530 b: 2,6276	a: 0,01238 b: 0,4736	333,40	2452,73	0,7918	153508 20,34

Biomasa de la fracción gruesa

Tabla 24. Resultados de los modelos alométricos lineales de BFG (biomasa de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para L. divaricata. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3*	a: -0,4099 b: 0,000000227	a: 1,1881 b: 0,000000035	<0,0001	87,39	1,8700	0,7272	10,838
10	a: -7,0331 b: 0,04528	a: 2,2349 b: 0,007691	<0,0001	89,35	2,2248	0,6918	12,248
11	a: 0,00006758	a: 0,000006981	<0,0001	84,01	2,0550	0,8528	9,275

Tabla 25. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BFG (biomasa de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para L. divaricata. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: -2,4413	a: 2,902	85,66	1,8937	0,7778	8,833
	b: 0,0001788	b: 0,0001214				
	c: -0,000000262	c: 0,000000485				
	d: -0,000000060	d: 0,000000254				
2	a: -8,5780	a: 3,7230	81,67	1,6142	0,8333	6,627
	b: 0,0002992	b: 0,0001181				
	c: -0,000000452	c: 0,000000429				
	d: -0,000000504	d: 0,000000297				
	e: 0,0001385	e: 0,00006200				
3*	a: -0,4099	a: 1,1881	87,39	1,8700	0,7274	10,838
	b: 0,000000227	b: 0,000000035				
4*	a: 6369957,35	a: 2252146,08	86,86	1,9778	0,7363	10,483
	b: -551093410,02	b: 700645734,49				
5*	a: 0,00007548	a: 0,00006341	85,99	2,0800	0,7503	9,926
	b: -0,000000026	b: 0,000000206				
6	a: -10,2142	a: 5,8284	83,69	1,8481	0,8035	7,814
	b: 0,0002954	b: 0,0001126				
	c: -0,000000692	c: 0,000000358				

	d: 0,02708	d: 0,02122				
7	a: -18,733 b: 0,1909	a: 3,9645 b: 0,009629	94,11	2,7666	0,5852	16,491
8*	a: -15,3574 b: 0,5442 c: -3,3446	a: 4,1492 b: 0,03099 c: 12151421,03	95,46	2,6202	0,5707	17,057
9*	a: 1,6221 b: -0,02423 c: 0,0001176	a: 4,0041 b: 0,02900 c: 0,0000478	85,23	1,6613	0,7737	8,996
11	a: 0,00006758	a: 0,000006981	84,01	2,0550	0,7667	9,275
12*	a: 0,000000724 b: 2,7513	a: 0,000002164 b: 0,4902	82,98	1,7106	0,7771	8,223

Tabla 26. Resultados de los modelos alométricos lineales de BFG (biomasa de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para C. microphylla. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que algunos de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
	a: -0,9825	a: 1,3621					

3*	b: 0,000000844	b: 0,000000084	<0,0001	93,89	2,2608	0,8619	11,679
	a: -13,348	a: 3,3750	<0,0001	103,01	3,2547	0,7640	19,969
10	b: 0,09961	b: 0,01370					
11	a: 0,0001770	a: 0,00001449	<0,0001	100,57	3,1835	0,8970	18,235

Tabla 27. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BFG (biomasa de la fracción gruesa) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs.	R^2 ajust.	ECM
1*	a: 1,2683 b: -0,0002369 c: 0,000001519 d: 0,000000345	a: 3,4174 b: 0,0001983 c: 0,000001155 d: 0,000000803	93,86	2,3557	0,8743	10,632
2*	a: 9,7587 b: -0,0002113 c: -0,000000693 d: 0,000005344 e: -0,0008221	a: 4,2779 b: 0,0001643 c: 0,000001270 d: 0,000002004 e: 0,0003108	88,06	2,0071	0,9140	7,277
3*	a: -0,9825	a: 1,3621	93,89	2,2608	0,8620	11,679

	b: 0,000000844	b: 0,000000084				
4	a: -2066571,55 b: 777854182,75	a: 859414,42 b: 220502588,64	86,04	2,0131	0,9131	7,356
5	a: -0,0001517 b: 0,000001461	a: 0,00008911 b: 0,000000393	91,47	2,2670	0,8804	10,125
6*	a: 6,1678 b: -0,0003409 c: 0,000002230 d: -0,02266	a: 6,4731 b: 0,0001788 c: 0,000000761 d: 0,03623	93,60	2,4205	0,8763	10,468
7	a: -28,267 b: 0,2263	a: 4,3328 b: 0,006790	103,36	3,4895	0,7591	20,384
8*	a: -24,4669 b: 0,6512 c: -3,9331	a: 5,3998 b: 0,02527 c: 72630209,90	106,80	3,4980	0,9833	23,763
9*	a: 1,8480 b: -0,04506 c: 0,0003058	a: 8,9494 b: 0,08079 c: 0,0001686	101,43	2,5293	0,7953	17,325
11	a: 0,0001770	a: 0,00001449	100,57	3,1822	0,7845	18,235
12*	a: 0,000002995	a: 0,000008075	99,51	2,5379	0,8080	16,248

b: 2,7110

b: 0,4670

Biomasa de ramas pequeñas

Tabla 28. Resultados de los modelos alométricos lineales de BRP (biomasa de ramas pequeñas) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para L. divaricata. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3	a: 1,1660	a:0,6755	<0,0001	93,55	1,5399	0,8173	5,183
	b: 0,000000209	b: 0,000000023					
10	a: -3,9319	a: 1,1521	<0,0001	94,63	1,6665	0,8072	5,469
	b: 0,03905	b:0,004351					
11	a: 0,00007269	a: 0,000004912	<0,0001	90,30	1,5005	0,9159	4,611

Tabla 29. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BRP (biomasa de ramas pequeñas) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para L. divaricata. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
	a: -0,5392	a: 1,3817	94,99	1,3920	0,8191	5,129

1*	b: 0,0001075 c: -0,000000201 d:0,000000132	b: 0,00007330 c: 0,000000282 d:0,000000148				
2*	a:-0,6866 b:0,0001085 c: -0,000000190 d:0,000000100 e: 0,000006616	a: 1,7526 b: 0,00007599 c: 0,000000301 d: 0,000000268 e: 0,00004573	96,96	1,3865	0,8073	5,464
3	a: 1,1660 b: 0,000000209	a: 0,6755 b: 0,000000023	93,55	1,5399	0,8171	5,183
4	a: 6960618,95 b:-748827627,93	a:602818,52 b:125509780,78	94,71	1,5730	0,7950	5,492
5*	a: 0,00009092 b: -0,000000060	a: 0,00004252 b: 0,000000138	92,09	1,5167	0,8301	4,817
6*	a: -1,2373 b: 0,00009108 c: -0,000000080 d: 0,007321	a:2,429 b: 0,00006801 c:0,000000213 d: 0,01037	95,34	1,4063	0,8159	5,220
	a: -13,5634	a: 2,064	101,75	2,2790	0,7246	7,809

7	b: 0,1811	b: 0,006376				
8*	a: -14,7258 b: 0,5132 c: 0,2579	a: 4,4961 b: 0,02674 c: 0,2597	102,42	2,1040	0,7273	7,734
9*	a: -0,8382 b: 0,01057 c: 0,00005174	a: 2,1367 b: 0,01738 c: 0,00003067	93,53	1,4747	0,8550	4,960
11	a: 0,00007269	a: 0,000004912	90,30	1,5016	0,8374	4,611
12*	a: 0,0002446 b: 1,7978	a: 0,0003391 b: 0,2317	91,48	1,4940	0,8258	4,672

Tabla 30. Resultados de los modelos alométricos lineales de BRP (biomasa de ramas pequeñas) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que algún parámetro presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3*	a: 0,7548 b: 0,000000745	a: 0,7978 b: 0,000000051	<0,0001	82,51	1,5849	0,9268	4,623
10	a: -9,0582 b: 0,08405	a: 2,1338 b: 0,008892	<0,0001	96,74	2,1268	0,8386	10,187
11	a: 0,0001765	a: 0,000008232	<0,0001	85,96	1,5228	0,9622	5,887

Tabla 31. Resultados de los modelos alométricos no lineales de BRP (biomasa de ramas pequeñas) con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *C. microphylla*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs.	R^2 ajust.	ECM
1*	a: 1,4947 b: -0,00004031 c: 0,000001062 d: -0,000000242	a: 1,8865 b: 0,0001205 c: 0,000000689 d: 0,000000494	86,19	1,5919	0,9178	5,187
2*	a: 1,1405 b: -0,00005232 c: 0,000001275 d: -0,000000620 e: 0,00005566	a: 2,4085 b: 0,0001336 c: 0,000001108 d: 0,000001590 e: 0,0002214	88,10	1,5810	0,9119	5,560
3*	a: 0,7548 b: 0,000000745	a: 0,7978 b: 0,000000051	82,51	1,5849	0,9268	4,621
4	a: 1598955,56 b: -72739395,55	a: 187840,13 b: 39173264,06	82,68	1,6277	0,9260	4,665
5*	a: 0,00004098	a: 0,00006049	82,98	1,6708	0,9248	4,743

	b: 0,000000603	b: 0,000000267				
6*	a: 1,9464 b: -0,00002009 c: 0,000000856 d: -0,007574	a: 2,9010 b: 0,0001078 c: 0,000000440 d: 0,01808	86,27	1,6059	0,9174	5,211
7	a: -20,2932 b: 0,2134	a: 3,2339 b: 0,006414	103,28	2,7635	0,7680	14,649
8*	a: -19,054 b: 0,6227 c: -0,2539	a: 92,958 b: 0,03316 c: 63,7657	103,21	2,5304	0,7795	13,923
9	a: 4,3216 b: -0,05370 c: 0,0003048	a: 3,7688 b: 0,03594 c: 0,00007824	86,15	1,6705	0,9144	5,400
11	0,0001765	a: 0,000008232	85,96	1,5309	0,9067	5,887
12*	a: 0,00001590 b: 2,4199	a: 0,00002227 b: 0,2432	84,67	1,7016	0,9174	5,212

Contenido de Carbono

Tabla 32. Resultados de los modelos alométricos lineales de Contenido de Carbono con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para L. divaricata. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
3*	a: 0,3531	a: 0,5876	<0,0001	87,981	1,256	0,8508	3,921
	b: 0,000000205	b: 0,000000020					
10	a: -4,5196	a: 1,0850	<0,0001	92,231	1,663	0,8154	4,850
	b: 0,03777	b: 0,004097					
11	a: 0,00006580	a: 0,000003990	<0,0001	81,988	1,3410	0,9312	3,042

Tabla 33. Resultados de los modelos alométricos no lineales de Contenido de Carbono con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para *L. divaricata*. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R²ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: -0,9990	a: 1,1057	86,084	1,325	0,8750	3,285
	b: 0,0001203	b: 0,00005866				
	c: -0,000000158	c: 0,000000226				
	d: 0,0000000042	d: 0,000000119				
	a: -1,8976	a: 1,3456				

2*	b: 0,0001266	b: 0,00005834				
	c: -0,000000091	c: 0,000000231	86,398	1,237	0,8774	3,221
	d: -0,000000190	d: 0,000000206				
	e: 0,00004033	e: 0,00003511				
3*	a: 0,3530	a: 0,5876	87,981	1,256	0,8508	3,921
	b: 0,000000205	b: 0,000000020				
4	a: 6464203,16	a: 1005864,31	86,171	1,302	0,8637	3,582
	b: -543329678,73	b: 275515327,45				
5*	a: 0,00007339	a: 0,00003467	83,934	1,367	0,8781	3,203
	b: -0,000000025	b: 0,000000113				
6*	a: -1,9413	a: 1,9087				
	b: 0,0001291	b: 0,00005345	85,703	1,309	0,8773	3,223
	c: -0,000000192	c: 0,000000168				
	d: 0,004529	d: 0,008149				
7	a: -13,7451	a: 2,0862	101,850	2,218	0,7015	7,846
	b: 0,1788	b: 0,006704				
8*	a: -11,7697	a: 6,6880				
	b: 0,5151	b: 0,02561	102,051	2,052	0,7113	7,592
	c: -0,6382	c: 28,4193				
	a: 0,1316	a: 1,7316				

9*	b: -0,005066 c: 0,00007782	b: 0,01409 c: 0,00002486	85,128	1,235	0,8760	3,257
11	a: 0,00006580	a: 0,000003990	81,988	1,341	0,8842	3,042
12*	a: 0,00002038 b: 2,1948	a: 0,00003023 b: 0,2455	83,226	1,258	0,8754	3,091

Tabla 34. Resultados de los modelos alométricos lineales de Contenido de Carbono con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para C. microphylla. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	p-valor	AIC	E.abs	R^2 ajust.	ECM
3*	a: -0,06339 b: 0,000000745	a: 0,6576 b: 0,000000042	<0,0001	75,556	1,2601	0,9491	3,139
10	a: -9,7252 b: 0,08338	a: 2,0722 b: 0,008635	<0,0001	95,688	2,466	0,8443	9,608
11	a: 0,0001661	a: 0,000008595	<0,0001	87,516	1,9444	0,9539	6,411 7

Tabla 35. Resultados de los modelos alométricos no lineales de Contenido de Carbono con Dp (diámetro promedio) y H (altura total) para C. microphylla. Mod: modelo; E.E: error estándar; p-valor: significancia estadística del modelo; AIC: criterio de información de Akaike; E.abs: error absoluto; R^2 ajust.: coeficiente de determinación ajustado; ECM: error cuadrático medio. (*) Indica que alguno de los parámetros presentó valores inferiores al error estándar (E.E) de los mismos.

Mod	Parámetros	E.E	AIC	E.abs	R ² ajust.	ECM
1*	a: 1,1969 b: -0,0001255 c: 0,000001184 d: 0,000000067	a: 1,4332 b: 0,00009161 c: 0,000000523 d: 0,000000375	76,297	1,2161	0,9514	2,994
2*	a: 2,6091 b: -0,00006768 c: 0,000000334 d: 0,000001576 e: -0,0002218	a: 1,7077 b: 0,00009478 c: 0,000000786 d: 0,000001128 e: 0,0001570	75,726	1,1286	0,9547	2,795
3*	a: -0,06339 b: 0,000000745	a: 0,6576 b: 0,000000042	75,556	1,2601	0,9491	3,139
4*	a: 426455,43 b: 212474024,49	a: 634342,98 b: 144593688,51	72,989	1,1896	0,9559	2,722
5	a: -0,00005137 b: 0,000000967	a: 0,00004752 b: 0,000000210	76,969	1,2397	0,9525	2,927
6*	a: 2,1905 b: -0,0001395 c: 0,00000131 d: -0,005880	a: 2,1869 b: 0,00008131 c: 0,000000332 d: 0,01360	76,100	1,1753	0,9520	2,961

7	a: -21,0843 b: 0,2134	a: 3,0803 b: 0,006115	101,523	2,7852	0,7849	13,286
8*	a: -19,6795 b: 0,6216 c: -0,2736	a: 63,2828 b: 0,03115 c: 47,1598	102,164	2,8424	0,7872	13,141
9*	a: 2,8048 b: -0,0456 c: 0,0002855	a: 3,7878 b: 0,03612 c: 0,00007863	86,337	1,3951	0,9117	5,454
11	a: 0,0001661	a: 0,000008595	87,516	1,9448	0,8961	6,417
12*	a: 0,000006270 b: 2,5714	a: 0,000009667 b: 0,2673	84,291	1,3638	0,9174	5,101