






ESTIMACIÓN DE MATERIA SECA Y PARTICIÓN DE ASIMILADOS EN ARBUSTOS DOMINANTES DE DOS MORFOLOGÍAS DIFERENTES DE LOS ANDES CENTRALES DE SAN JUAN, ARGENTINA

DRY MATTER ESTIMATION AND PARTITIONING OF ASSIMILATES IN DOMINANT SHRUBS WITH TWO DIFFERENT MORPHOLOGIES FROM THE HIGH CENTRAL ANDES OF SAN JUAN, ARGENTINA

Mario Andrés Herrera Moratta^{1-3*}, Ana L. Navas Romero^{2,3}, Bárbara Vento³ y Eduardo Martínez Carretero³


1. Instituto de Biotecnología. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan, Argentina
2. Instituto de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan, Argentina
3. Instituto Argentino de Investigación en Zonas Áridas. Centro Científico Tecnológico-Mendoza, Argentina

*maherrera@mendoza-conicet.gov.ar

Citar este artículo

HERRERA MORATTA, M. A., A. L. NAVAS ROMERO, B. VENTO & E. MARTÍNEZ CARRETERO. 2021. Estimación de materia seca y partición de asimilados en arbustos dominantes de dos morfologías diferentes de los Andes Centrales de San Juan, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 56: 547-559.

DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v56.n4.30589>

Recibido: 19 Oct 2020
Aceptado: 28 Sep 2021
Publicado en línea: 15 Nov 2021
Publicado impreso: 20 Dic 2021
Editora: Silvia Lomáscolo 

ISSN versión impresa 0373-580X
ISSN versión on-line 1851-2372

SUMMARY

Background and aims: High mountain shrubs play a key role in the maintenance and functioning of ecosystem processes. Nevertheless, studies to understand their morphology and dry matter partitioning are scarce. The goal of this study is to quantify dry matter partitioning and study the morphology for *Senecio oreophyton* and *Baccharis tola* ssp. *tolá* in the Central Andes, Argentina. Additionally, allometric equations are proposed.

M&M: The work was done in the Austral Puna, province of San Juan. A total of 60 *S. oreophyton* and *B. tola* plants were selected. Biometric variables were measured in each specimen to estimate dry matter. The lateral and top view of each specimen were photographed to determine shrub morphology. Each specimen was harvested and differentiated in stem, leaves and roots.

Results: The geometric shape of *S. oreophyton* was similar to an inverted cone and *B. tola* was similar to a hemisphere shape. In both shrubs, aboveground dry matter was higher than the belowground dry matter. In *B. tola*, similar proportions of dry matter assigned to the stem and leaves were found. Allometric equations were established for each component from direct field measurements.

Conclusions: The dry matter partitioning found for both shrubs would indicate that it is strongly associated with the morphology of the plant, and its strategy for surviving under harsh conditions. This is a contribution to improve the knowledge about morphological characteristics of woody shrubs and their environmental interactions for conservation and management in highlands.

KEY WORDS

Baccharis tola; conservation; dry matter; highlands; *Senecio oreophyton*.

RESUMEN

Introducción y objetivos: Los arbustos de ambientes de alta montaña desempeñan un papel clave en el mantenimiento y el funcionamiento de procesos ecosistémicos. Sin embargo, los estudios para conocer su morfología y su asignación de asimilados son escasos. El objetivo de este trabajo es cuantificar la materia seca y analizar la morfología de *Senecio oreophyton* y *Baccharis tola* ssp. *tolá*, en los Andes centrales de Argentina y proponer ecuaciones alométricas.

M&M: El estudio se realizó en la Puna Austral, provincia de San Juan. Se seleccionaron 60 plantas de *S. oreophyton* y de *B. tola*. En cada ejemplar se midieron las variables biométricas para estimar la materia seca. Se fotografiaron las vistas lateral y superior para estimar su morfología. Cada ejemplar fue cosechado y diferenciado en tallo, hojas y raíces.

Resultados: La forma geométrica de *S. oreophyton* fue un cono invertido y de *B. tola* una semiesfera. En la materia seca de *B. tola* encontramos valores similares en tallos y hojas, y valores bajos en raíz, mientras que en *S. oreophyton* la materia seca fue mayor en tallos, siguiendo raíz y luego hojas. Se establecieron ecuaciones alométricas para cada componente a partir de mediciones directas de campo.

Conclusiones: La partición de materia seca encontrada para ambos arbustos indicaría una fuerte asociación de la morfología de la planta y su estrategia para sobrevivir en condiciones de altura. Este trabajo es un aporte al conocimiento sobre las características morfológicas de arbustos leñosos y sus interacciones ambientales para la conservación y manejo de ecosistemas de montaña.

PALABRAS CLAVES

Ambientes de altura; *Baccharis tola*; conservación; materia seca; *Senecio oreophyton*.

INTRODUCCIÓN

Los ambientes de alta montaña desempeñan un papel clave en el mantenimiento y el funcionamiento de los ecosistemas, proporcionando un potencial invaluable para rastrear las influencias atmosféricas en la biosfera (Pauli *et al.*, 2005). Estos ambientes se caracterizan por presentar bajas temperaturas, con nevadas periódicas, suelos carentes de materia orgánica y comunidades vegetales con baja cobertura. Solo aquellas plantas con tolerancia a estas condiciones ambientales, como pastos y algunos arbustos, pueden sobrevivir (Squeo *et al.*, 2006). Estos ecosistemas de altura, son altamente sensibles al cambio climático por estar controlados por bajas temperaturas y una considerable amplitud térmica (Pauli *et al.* 2005). Bajo estas condiciones, los arbustos leñosos son componentes fundamentales que contribuyen al mantenimiento de los procesos ecológicos, la estructura y la biodiversidad de estos ambientes (Martínez Carretero, 1995; Cavieres *et al.*, 2002).

En los Andes centrales de Argentina, los arbustos leñosos dominantes presentan dos morfologías diferentes. Una de las morfologías corresponde a arbustos erectos de copa abierta, y de follaje caducifolio, mientras que la otra morfología corresponde a arbustos de copa cerrada, en contacto con la superficie, y con hojas perennes (arbustos en cojín). Dos especies de arbustos que se corresponden a estas morfologías son *Senecio oreophyton* J. Rémy, arbusto de copa abierta, y *Baccharis tola* Phil. ssp. *tola*, arbusto de copa cerrada (Martínez Carretero, 1995). Ambas especies se encuentran ampliamente diseminadas a lo largo de los altos Andes desde el centro oeste de Argentina hasta el sur de Perú, poseen características morfológicas distintivas y pertenecen a la familia Asteraceae (Herrera Moratta, 2019).

Las estructuras vegetales (hojas, tallo, raíz) son relevantes para entender la interacción planta-ambiente. Dependiendo de las condiciones ambientales dominantes, los organismos asignarán más asimilados a las estructuras que les permitan aumentar la persistencia de la especie (Chapin & Körner, 1995). El estudio de estas estructuras tiene un alto potencial al brindar información útil sobre los atributos que caracterizan a las especies que dominan en un sistema. En este contexto, la estimación de materia seca es fundamental para conocer cómo responde la estructura de las plantas a las condiciones

ambientales (Ward *et al.*, 2016). Para estimar la materia seca aérea y subterránea comúnmente se emplean ecuaciones alométricas. Este tipo de ecuaciones junto con la partición de asimilados aéreos y subterráneos son necesarias para evaluar la sostenibilidad de los ecosistemas y el secuestro de carbono asociado, que resulta crucial para las evaluaciones de acumulación de carbono en ecosistemas de alta montaña (Martínez Carretero *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo es determinar la morfología de copa y la partición de materia seca en estructuras aéreas y subterráneas en *S. oreophyton* y *B. tola* ssp. *tola*, dos arbustos dominantes de ambientes de altura, en los Andes centrales de Argentina. Además, se proponen ecuaciones alométricas para los componentes aéreos y subterráneos de ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El trabajo de campo y la recolección de datos se realizó en el sector noroeste del área privada protegida “Don Carmelo” (30°56'24,99" S, 69°05'27,6" O), donde la actividad humana está restringida o prácticamente ausente. El área de estudio posee 35.000 ha y se ubica en el centro-oeste de Argentina en la provincia de San Juan. El clima es frío y seco con una temperatura media anual de 9,4 °C y precipitaciones anuales de 131 mm, que ocurren principalmente durante la temporada de primavera-verano. El mes más frío es julio con una temperatura promedio de 3 °C y el mes más cálido es enero con una temperatura promedio de 19 °C (Martínez Carretero, 1995; Camarillo-Naranjo *et al.*, 2019). La elevación del área es de 3600 m s.n.m. y se extiende entre las sierras de La Invernada y El Tigre. Esta característica de zona de elevación entre dos cordones montañosos permite la formación de una red de drenaje que culmina en el sur de la reserva aportando los escurrimientos al Río San Juan (Herrera Moratta, 2019) (Fig. 1).

Ambas especies estudiadas están distribuidas y adaptadas a las condiciones ambientales de la provincia fitogeográfica de la Puna, perteneciente al dominio Altoandino (Cabrera, 1968). Según Martínez Carretero (1995) nuestro sitio de estudio pertenece al distrito Cuyano en el sector Austral de la provincia fitogeográfica de la Puna. En esta zona las precipitaciones rondan entre 100-400 mm al año, con

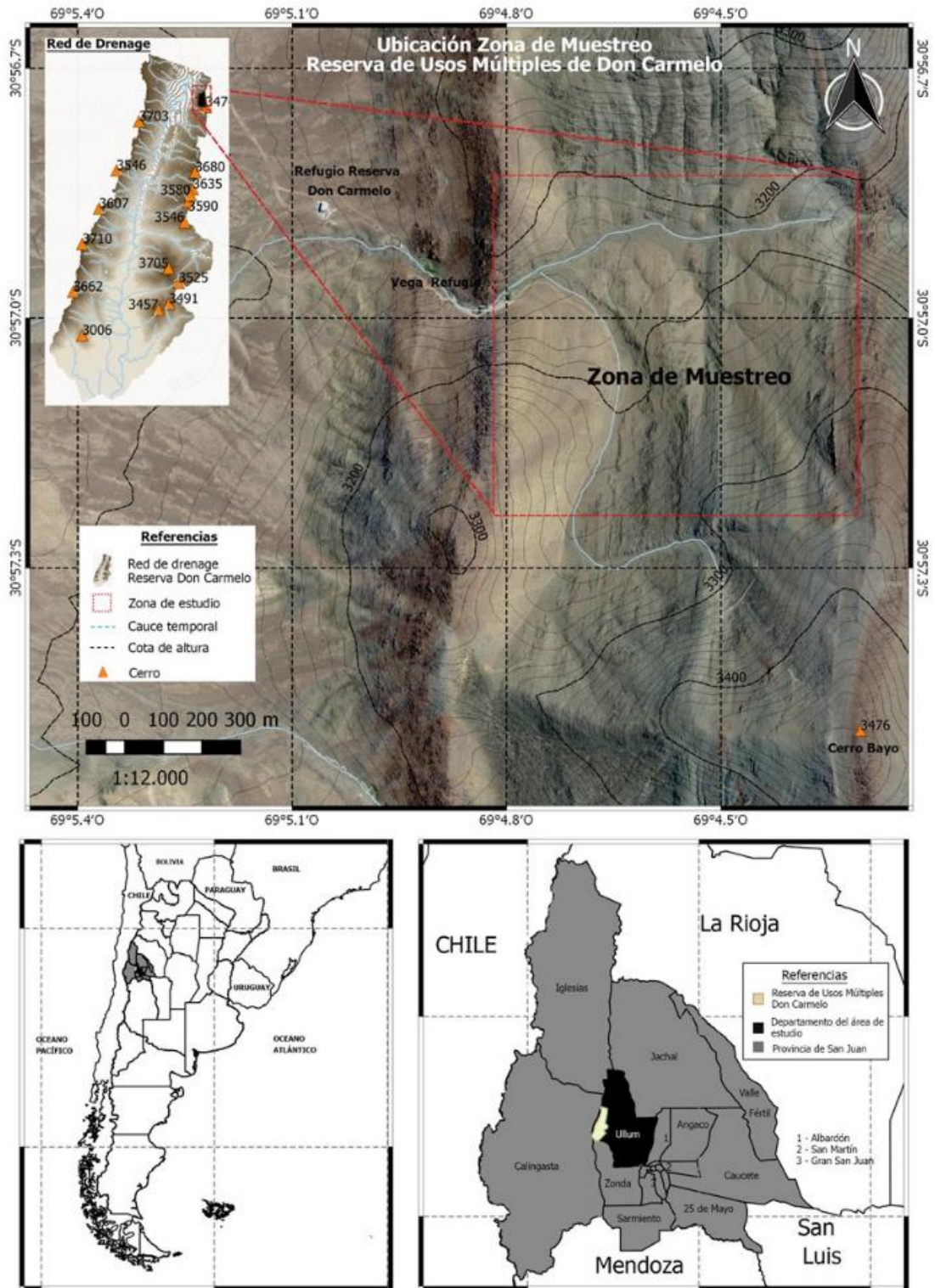


Fig. 1. Área de Estudio: Reserva de usos múltiples de Don Carmelo.

marcada estacionalidad, con precipitaciones estivales y con sequía invernal (Martínez Carretero, 1995). En general, el área corresponde a una estepa arbustiva ubicada sobre un relieve suavemente ondulado y con presencia de llanuras con vegetación xerofítica corta y valles con sectores de agua permanente (vegas). Las especies más abundantes en la estepa arbustiva son los arbustos *Lycium chañar*, *Artemisia mendozaana*, *Maihueiopsis glomerata*, *Adesmia* aff. *horrida*, *Senecio eriophyton*, *Baccharis tola* ssp. *tola* y los pastos *Stipa speciosa* var. *breviglumis* y *Jarava leptostachya*. Mientras que en la zona de vegas podemos encontrar especies como *Lilaeopsis macloviana*, *Taraxacum officinale*, *Nastanthus agglomeratus*, *Azorella* spp.; con una dominancia en laderas rocosas de los arbustos *Adesmia pinnifolia* y *A. triyuga* (Márquez, 1998; Lara et al., 2007; Herrera Moratta, 2019).

Selección de especies

Se seleccionaron dos arbustos perennes, de diferentes morfologías: *Baccharis tola* Phil. ssp. *tola* de copa cerrada, crecimiento en cojín y hoja persistente, y *Senecio oreophyton* J. Rémy, de copa abierta y hoja caduca. Se seleccionaron estas especies ya que ambas codominan en la zona de estudio, pertenecen a la misma familia taxonómica (Asteraceae) y poseen una amplia distribución espacial en las provincias fitogeográficas de la Puna y Altoandina (Martínez Carretero, 1995).

Diseño de muestreo

Se seleccionaron 60 plantas adultas de *Senecio oreophyton* y 60 de *Baccharis tola* en una parcela con un área de 5000 m², ubicados en las laderas del cerro Bayo (3480 m s.n.m). Dentro de la parcela, se estableció un punto inicial en el extremo oeste, correspondiente a la zona de ingreso a la quebrada del Co. Bayo. Para la selección del primer ejemplar se eligió el individuo de cada especie más cercano al punto de acceso. Luego se seleccionaron sistemáticamente los siguientes ejemplares priorizando aquellos que se encontraban a menor distancia con el ejemplar medido en el punto inicial (elección por proximidad), hasta completar los 60 individuos adultos de cada especie. En cada uno de los individuos se midió la altura total de la planta (*h*) y el diámetro de copa mayor (*d1*) y menor (*d2*) ambas variables perpendiculares entre sí. Se fotografiaron las vistas lateral y superior de cada individuo, utilizando una cámara Canon T5, para determinar la forma de

la copa de los arbustos. Cada imagen fue procesada delimitando el contorno de la planta. Se utilizaron un total de 18 líneas de vista lateral y 18 líneas de vista vertical desde el centro hasta el borde de la planta (separadas 10° cada una) para determinar la morfología de la copa (Fig. 2). Los datos se ajustaron a una forma geométrica conocida. Las imágenes se procesaron utilizando el software Image J, versión 1.58.

Además, del total de ejemplares seleccionados, 24 individuos de cada especie fueron removidos con sus raíces lo más completas posible, durante la temporada de crecimiento evitando la menor pérdida posible de raicillas. Para la elección de los ejemplares a extraer se consideró aquellos individuos que más se acercaron al tamaño medio de la especie en el área de estudio. La recolección de cada ejemplar se realizó de acuerdo con los protocolos establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente de San Juan (Disposición SENASA DNPV 4/13). Las muestras se recolectaron de febrero a marzo cuando los arbustos estaban en su máxima expresión vegetativo. Todas las raíces se extrajeron cuidadosamente hasta aproximadamente un metro de profundidad (en suelo con una elevada matriz pedregosa no se encontró material radical por debajo de esta medida) y luego se lavaron por inmersión. Los tallos, hojas y raíces se dividieron cuidadosamente para su secado. Se colocaron muestras de tallo (*MSt*), hojas (*MSh*) y raíces (*MSr*) en diferentes bolsas de papel y se secaron en estufa a 70 °C hasta peso constante.

Análisis de los datos

La independencia estadística y la normalidad de los datos se verificaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors, 1967). La homocedasticidad se verificó mediante la prueba de Levene (Brown and Forsythe, 1974). Los análisis se realizaron considerando un $p < 0,05$. Para determinar la relación entre la morfología de cada arbusto y la forma de un cuerpo conocido se realizaron regresiones lineales simples. Los datos de materia seca total (*MST*), de tallos (*MSt*), hojas (*MSh*) y raíz (*MSr*) junto con el volumen (*V*) de arbustos se utilizaron para obtener la ecuación alométrica más precisa. Para analizar si existen diferencias estadísticamente significativas en la *MSh*, *MSt* y la *MSr* entre especies se realizó una Anova factorial. Además, se analizó mediante un modelo de regresión múltiple la correlación estadística entre variables biométricas (altura (*h*) + diámetros (*d1* y *d2*)) y la materia seca de cada componente (*MST*, *MSt*, *MSh*, *MSr*). La significancia y contribución

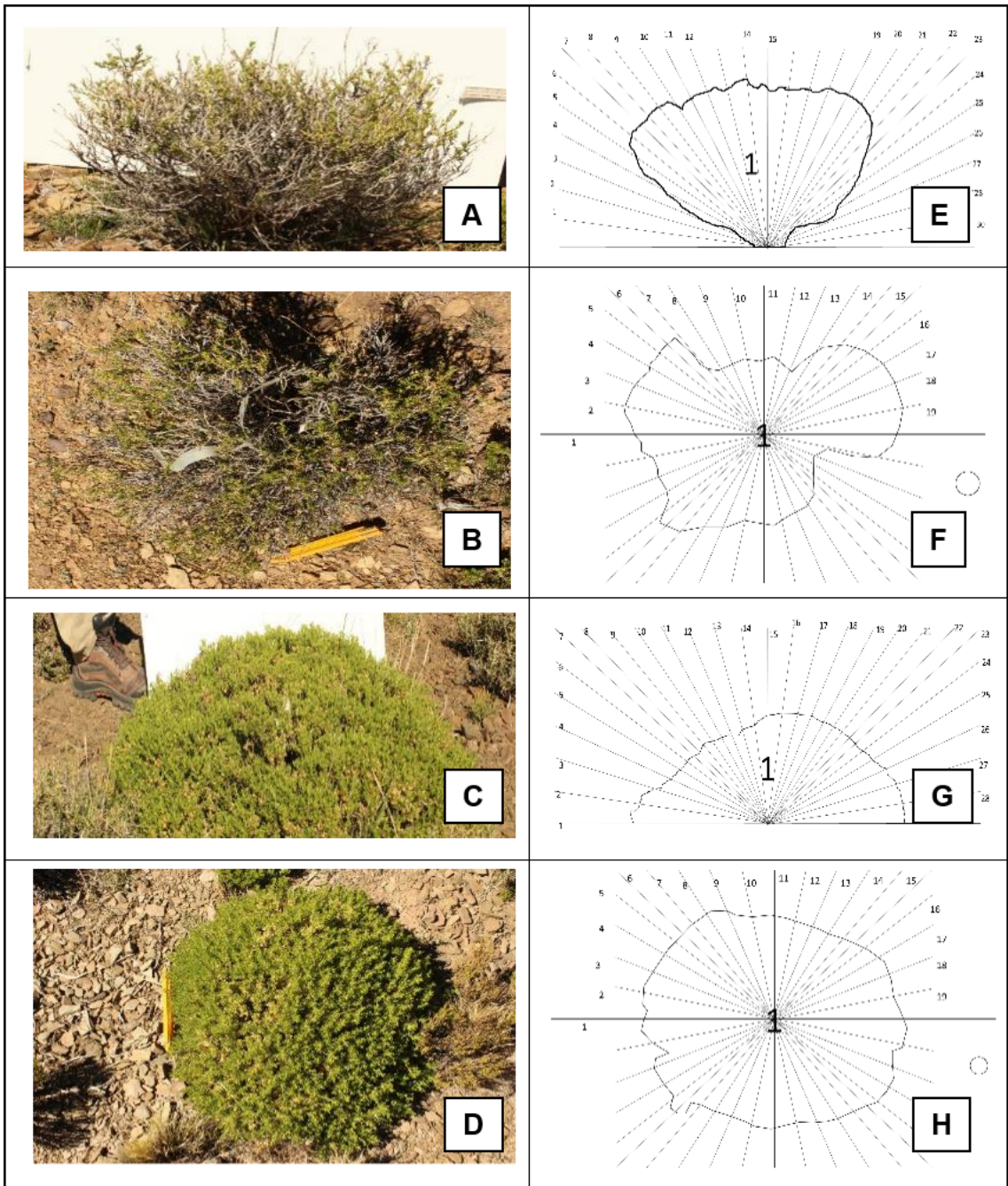


Fig. 2. Vista horizontal y vertical de arbustos leñosos en los Andes centrales. A-B: *Senecio oreophyton*; C-D: *Baccharis tola ssp. tola*. Determinación de la morfología de la copa mediante análisis de líneas. E-F: *Senecio oreophyton*; G-H: *Baccharis tola ssp. tola*. Separación entre líneas: 10°.

de cada variable morfométrica individualmente se analizó mediante modelos de regresión lineal simple. Los gráficos se realizaron utilizando SigmaPlot

v.11 (SigmaPlot, 2008). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software SPSS Versión 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU).

RESULTADOS

El estudio y análisis de la asociación de la morfología general del arbusto a una forma geométrica específica resultó en *Senecio oreophyton* similar a un cono invertido ($Volumen = 1/3 * \pi * h * r^2$) y *Baccharis tola* a una semiesfera ($Volumen = 2/3 * \pi * r^3$), donde r = radio y h = altura. Sin embargo, debido a que no hubo diferencias significativas entre los diámetros de copa menores y mayores, se consideró el diámetro de copa promedio de todos los ejemplares para cada especie. Los valores medios para *S. oreophyton* fueron: volumen $0,029 \pm 0,019 \text{ m}^3$, altura total de $0,358 \pm 0,082 \text{ m}$ y diámetro de copa de $0,564 \pm 0,140 \text{ m}$. Los valores medios para *B. tola* fueron: volumen $0,146 \pm 0,14 \text{ m}^3$, altura de $0,213 \pm 0,06 \text{ m}$ y diámetro de copa de $0,859 \pm 0,284 \text{ m}$.

La materia seca total en *S. oreophyton* fue de $700 \pm 112 \text{ g}$, distribuidos en: $26 \pm 7 \text{ g}$ para hojas, $564 \pm 103 \text{ g}$ para tallos y $110 \pm 19 \text{ g}$ para raíces. Mientras que en *B.*

*tol*a la materia seca total fue de $601 \pm 140 \text{ g}$, con una distribución de $187 \pm 57 \text{ g}$ para hojas, $178 \pm 53 \text{ g}$ para tallos y $50 \pm 23 \text{ g}$ para raíces (Fig. 3). Se detectaron diferencias significativas entre los valores de *MSh*, *MSt* y *MSr* para *B. tola* (Anova, $F = 233,14$; $p < 0,0001$) y para *S. oreophyton* (Anova, $F = 769,65$; $p < 0,0001$). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre especies en los valores de *MSh* (Anova, $F = 543,73$; $p < 0,0001$), de *MSt* (Anova, $F = 450,51$; $p < 0,0001$) y en la *MSr* (Anova, $F = 114,24$; $p < 0,0001$).

La altura fue la variable que mejor estimó la *MSt*, *MSt* y *MSr* en ambas especies ($R^2 > 0,90$) (Fig. 4; 5). Además, esta variable resultó ser un buen estimador de *MSh* de *S. oreophyton* ($R^2 = 0,62$) (Tabla 1; Fig. 4), pero la *MSh* de *B. tola* fue mejor estimada por el diámetro de copa ($R^2 = 0,92$) (Tabla 2; Fig. 5). En ambas especies, las regresiones múltiples, permitieron obtener ecuaciones que resultaron en un mejor ajuste a los datos que el uso de la fórmula volumen de cuerpo conocido (Tabla 1; 2).

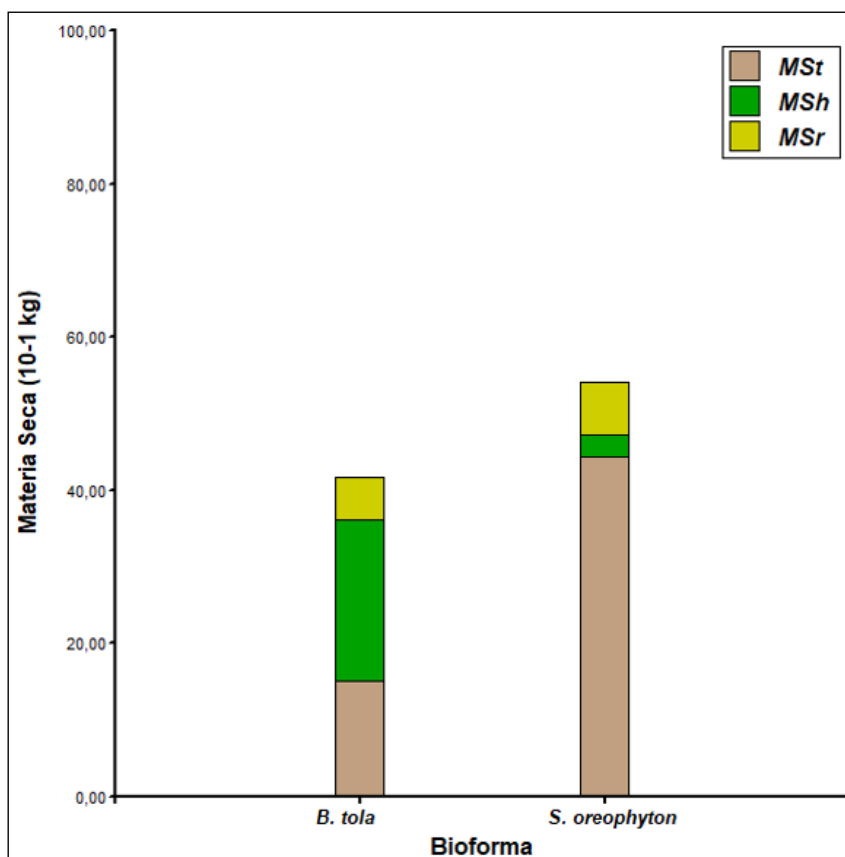


Fig. 3. Distribución de Materia Seca de Tallo, Raíz y Hojas en *Senecio oreophyton* y *Baccharis tola* ssp. *tol*a.

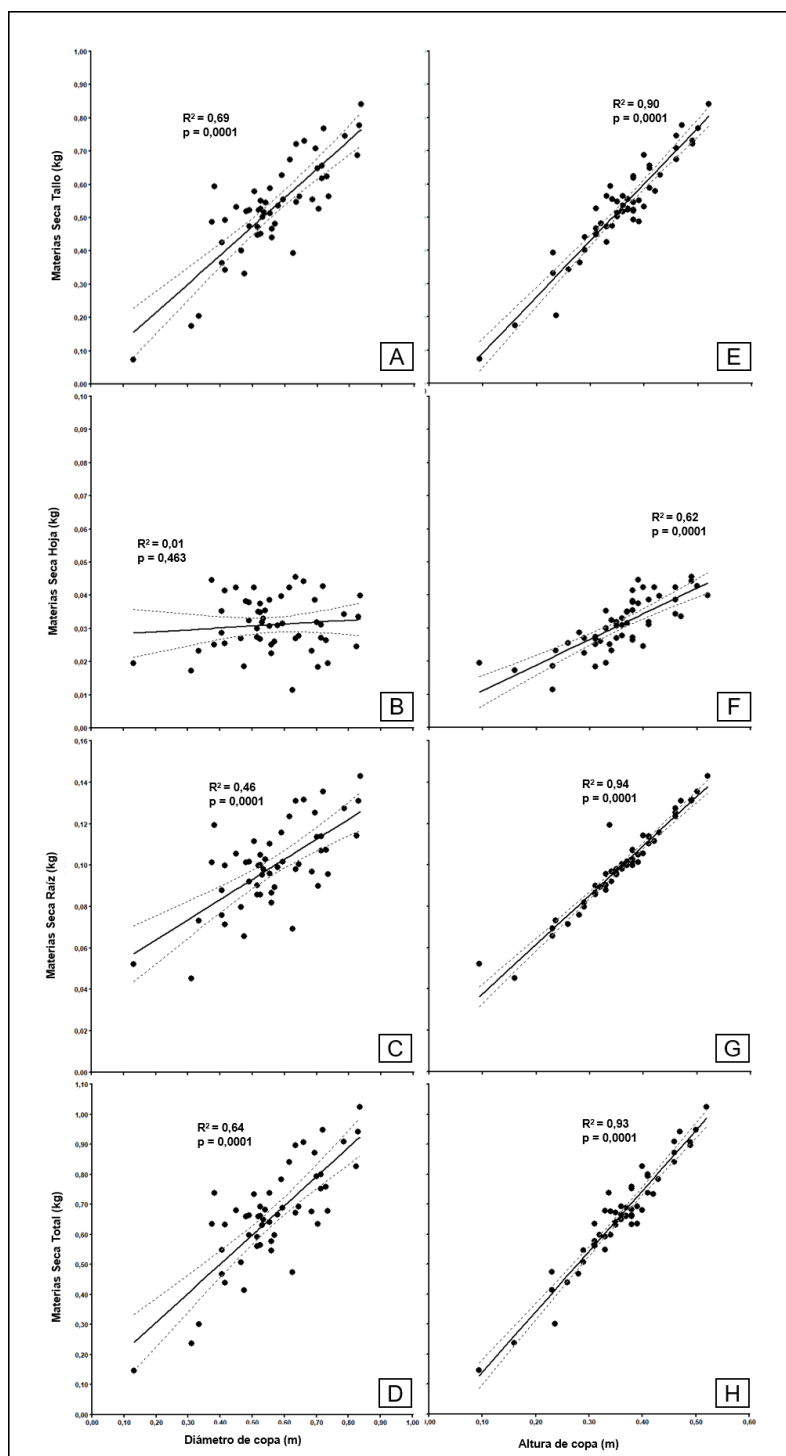


Fig. 4. Modelo de regresión lineal entre la variable morfológica diámetro (m) y: A: Materia Seca de Tallo, B: Materia Seca de Hojas, C: Materia Seca de Raíz, y D: Materia Seca Total; y entre la variable morfológica Altura (m), y E: Materia Seca de Tallo, F: Materia Seca de Hojas, G: Materia Seca de Raíz, y H: Materia Seca Total para *Senecio oreophyton*.

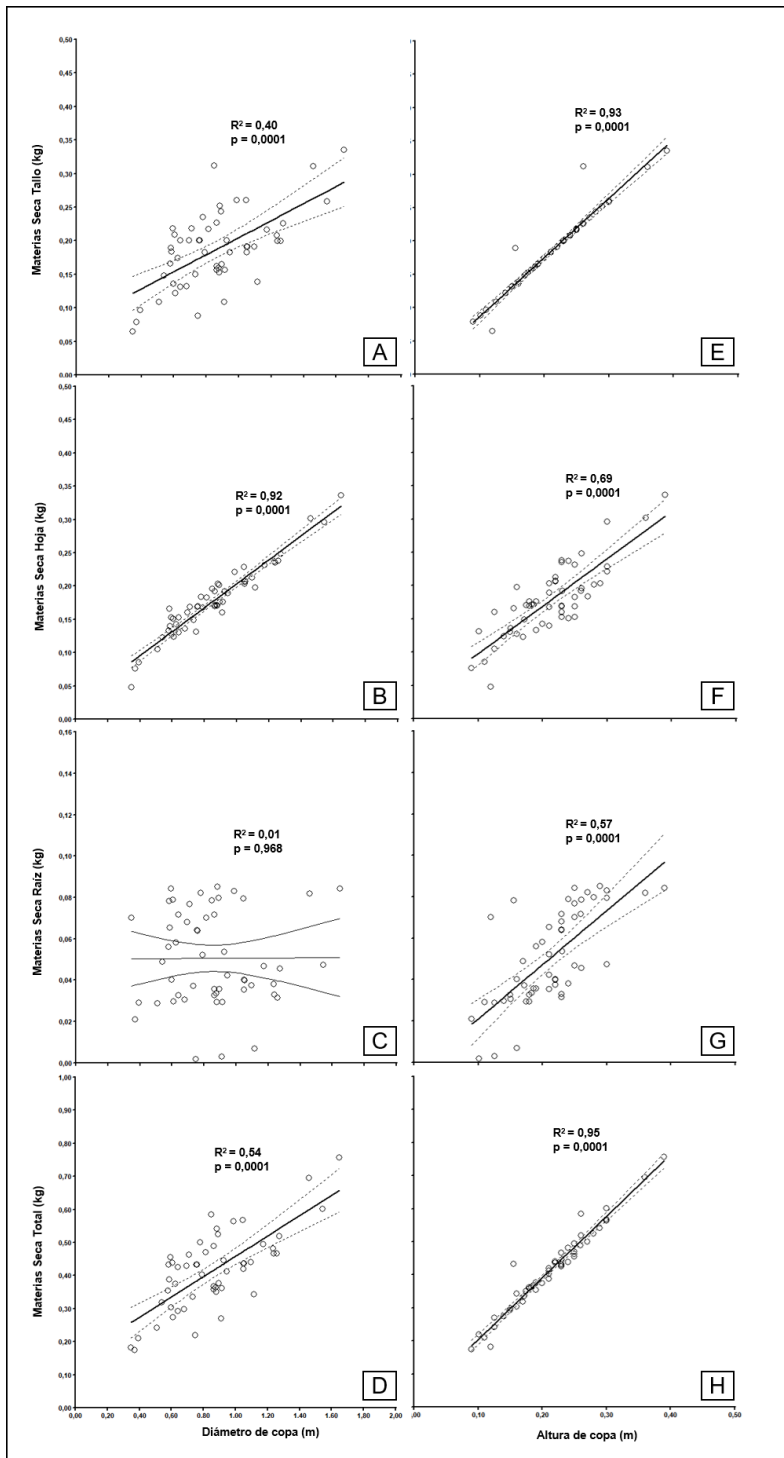


Fig. 5. Modelo de regresión lineal entre la variable morfométrica diámetro (m) y: A: Materias Seca de Tallo, B: Materias Seca de Hojas, C: Materias Seca de Raíz, y D: Materias Seca Total; y entre la variable morfométrica Altura (m), y E: Materias Seca de Tallo, F: Materias Seca de Hojas, G: Materias Seca de Raíz, y H: Materias Seca Total para *Baccharis tola* ssp. *tolá*.

