

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA POR EL DOSEL DE LOS ARBUSTOS EN LA REGIÓN ÁRIDA-SEMIÁRIDA CENTRAL DE ARGENTINA

WATER STORAGE CAPACITY OF SHRUB CANOPY IN THE CENTRAL ARID-SEMIARID REGION OF ARGENTINA

Alvarez Redondo Mónica^{1,*} & Edgardo Adema²

Recibido 24/11/2017
Aceptado 13/06/2018

RESUMEN

La retención de agua de lluvia por la vegetación resulta fundamental para entender procesos hidrológicos en ambientes áridos y semiáridos. El objetivo de este estudio fue determinar la capacidad de retención de agua en función de las características estructurales y biomasa de *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, especies arbustivas características del Caldenal y Monte Occidental, Argentina. El estudio se realizó en el Campo Anexo del INTA en Chacharramendi, La Pampa, sobre la franja árida-semiárida de Argentina. Se determinaron modelos predictivos de biomasa a partir de mediciones de diámetro y altura de individuos en campo. La capacidad máxima de retención de agua sobre plantas enteras se determinó mediante inmersión por diferencia peso mojado (PM) – peso fresco (PF) y se expresó en porcentaje respecto de la biomasa. El diámetro resultó la variable de mejor ajuste para la predicción de biomasa en las tres especies. *Chuquiraga erinacea* presentó mayor capacidad de retención con 38%, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* con 26% y 23% respectivamente. Una importante fracción de lluvia es retenida por los densos arbustales y retorna a la atmósfera por evaporación. La retención de agua de lluvia por la cubierta vegetal es clave en la dinámica hidrológica en ambientes secos, donde la arbustización es un proceso dinámico y progresivo que afecta la productividad de los ecosistemas de la región.

PALABRAS CLAVE: biomasa, almacenamiento de agua, arbustos, semiárido-árido

ABSTRACT

Water storage capacity by the vegetation is useful for understanding hydrological processes in arid-semiarid ecosystems. The aim of this study was to determine the capacity of shrub canopy water storage based on structural characteristics and biomass of *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* and *Condalia microphylla*, three dominant shrub species of Caldenal y Monte Occidental, Argentina. The study was conducted in Chacharramendi, La Pampa, located on the semiarid central area of Argentina. Predictive models to estimating the aboveground biomass of the species from measurements of diameter and height of plant in the field were determined. Water storage capacity was measured on whole plants from immersion method. Water storage capacity, expressed in percentage of biomass was determined by difference wet weight (PM) - fresh weight (PF). The average canopy diameter as the independent variable provided the best fit for predicting aboveground biomass in the three species studied. *Chuquiraga erinacea* was the species that showed higher water storage capacity with 38%, followed in decreasing order *Larrea divaricata* and *Condalia microphylla* with 26% and 23% respectively. The results show that a significant fraction of rainfall is retained by the dense shrub communities that dominate the site, and returns to the atmosphere by evaporation. The water interception by vegetation is key in the hydrological dynamics of arid environments, where the increase of shrub density is a dynamic and progressive process that affects the productivity of the ecosystems of the region.

KEY WORDS: biomass, water storage, shrub, semiarid-arid

Cómo citar este trabajo:

Alvarez Redondo M. & E. Adema. 2018. Capacidad de retención de agua por el dosel de los arbustos en la región árida-semiárida central de Argentina. *Semiárida* 28(1): 31-40

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas áridos-semiáridos son ambientes naturalmente limitados, principalmente por la escases de agua. La cubierta vegetal en

¹ Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía. Santa Rosa, La Pampa

² EEA INTA Anguil. Anguil, La Pampa

* m_alvarezredondo@yahoo.com.ar



ambientes secos cumple un rol fundamental en el ciclo hidrológico (Thornes, 1994) ya que su presencia y distribución dispersa en el espacio (Aguiar & Sala, 1999) condiciona procesos hidrológicos como la evaporación, intercepción y escorrentías. La intercepción de lluvia por parte del dosel de la vegetación es clave en las interacciones de la tierra-atmósfera (Wang & Wang, 2007). Dentro del balance hídrico, un factor importante en la intercepción es la cantidad de lluvia que una comunidad de plantas colecta, almacena y consecuentemente retorna a la atmósfera por evaporación. La cantidad de agua que es retenida por el dosel sin excederse sobre su superficie es conocida como la capacidad de almacenamiento o capacidad de saturación del dosel (Cantú Silva & González Rodríguez, 2005) y es clave en el control de la intercepción (Rutter *et al.*, 1971; Herwitz, 1985; Llorens & Gallart, 2000; Davie, 2002; Dunkerley, 2008; Garcia-Estringana *et al.*, 2010).

El agua que puede retener la vegetación en una precipitación depende de las condiciones atmosféricas durante y tras el evento lluvioso y de las propiedades de las copas que interceptan la precipitación (Rutter *et al.*, 1971; Gash, 1979; Gash *et al.*, 1995). Fleischbein *et al.* (2005) encontraron que la capacidad de almacenamiento del dosel está significativamente correlacionada de forma inversa con la porosidad de la copa y de forma directa con el índice de área foliar.

Según Cantú Silva & Gonzales Rodríguez (2005), el agua interceptada y retenida por el dosel vegetal de tres especies de matorral submontano (México) fueron estimadas, dependiendo de la especie, entre 18 y 22% de 70 eventos de lluvia, los cuales sumaron un total de 1166 mm. Los resultados encontrados en dicho estudio mostraron que el porcentaje de agua de lluvia retenida en especies de matorral fue similar al de bosque de pino y encino en la Sierra Madre Oriental, lo cual desecha la suposición de que el matorral, por ser una cobertura menos densa que la del bosque de pino-encino, debería interceptar menos lluvia.

El agua retenida por la vegetación retorna hacia la atmósfera por evaporación, donde en algunos casos puede llegar a superar el 40% de las lluvias (Belmonte Serrato & Romero Díaz, 1998). Considerando la limitante hídrica de los ambientes áridos-semiáridos, el desarrollo de comunidades arbustivas extremadamente densas, puede intensificar aún más las condiciones de aridez debido a que se comportan como un obstáculo para la llegada de agua de lluvia al suelo y su posibilidad de infiltración. La estimación de biomasa aérea de la vegetación en ecosistemas áridos puede resultar un dato fundamental en la evaluación de la lluvia retenida por almacenamiento de la plantas (Belmonte Serrato, 2001).

En la provincia de La Pampa, gran parte de la superficie de su territorio está comprendida dentro de los ecosistemas Caldenal y Monte Occidental donde la actividad predominante es la ganadería sustentada por pastizales naturales. Estos ambientes tienen marcadas características de semiaridez - aridez, y en ellos se pueden diferenciar distintas fisonomías de la vegetación en función de la combinación de variables ambientales (clima, relieve, suelos) y antrópicas (manejo ganadero, tala de bosques, quemadas). En este contexto se pueden diferenciar un gradiente de formaciones vegetales desde bosques de caldén y algarrobo con diferentes edades y densidades, arbustales puros o asociados al bosque, pastizales, pastizales asociados a formaciones leñosas y tierras de cultivo (Adema, 2006).

El área de estudio es una zona de transición entre los ecosistemas Caldenal – Monte Occidental, dominada por densos arbustales, siendo *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* las especies más representativas de la región. Los arbustos pueden generar grandes retornos de agua hacia la atmósfera cuando se encuentran en altas densidades. Esto puede traer un impacto significativo en regiones semiáridas donde el agua es el principal factor limitante (Garcia-Estringana *et al.*, 2010). Es esencial comprender el funcionamiento ecológico de estas comunidades vegetales en el ciclo hidrológico, ya que gran parte

de la provincia de La Pampa cubierta por áreas de bosque de caldén y montes bajos, están sufriendo un marcado proceso de arbustización (INTA *et al.*, 1980; Vázquez *et al.*, 2013; Vázquez *et al.*, 2016). No existen antecedentes científicos sobre el efecto de la retención de agua de lluvia por el dosel de los arbustos sobre el ciclo hidrológico de la región del Caldén y Monte Occidental. El objetivo propuesto fue evaluar la capacidad de retención de agua en *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, y asociar esta variable con las características estructurales y biomasa de las especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó dentro del Campo Anexo del INTA en Chacharramendi (37°22'S, 67°47'O) y alrededores, al sudoeste del Depar-

tamento Utracán, provincia de La Pampa, Argentina. Desde el punto de vista fitogeográfico, el área de estudio se encuentra ubicada en un punto de transición entre dos ambientes: Espinal y Monte (Cabrera, 1976). En territorio pampeano, la región del Espinal está representada por el Distrito del Caldén. En términos generales, el Caldén se caracteriza por la formación de bosques xerófilos más o menos densos de *Prosopis caldenia* (caldén), estepas arbustivas y de gramíneas. Por otro lado, el Monte Occidental, denominado así por su ubicación en la provincia, está representado por estepas arbustivas xerófilas, sammófilas o halófilas (Figura 1).

El clima es semiárido, con una temperatura media anual de 15°C (media de julio = 7,5°C y media de enero = 24°C). La precipitación media anual del periodo 1961-2014 es de 497 mm (Figura 2), con elevada variabilidad intra e inter-anual (CV=31%) y una distribución

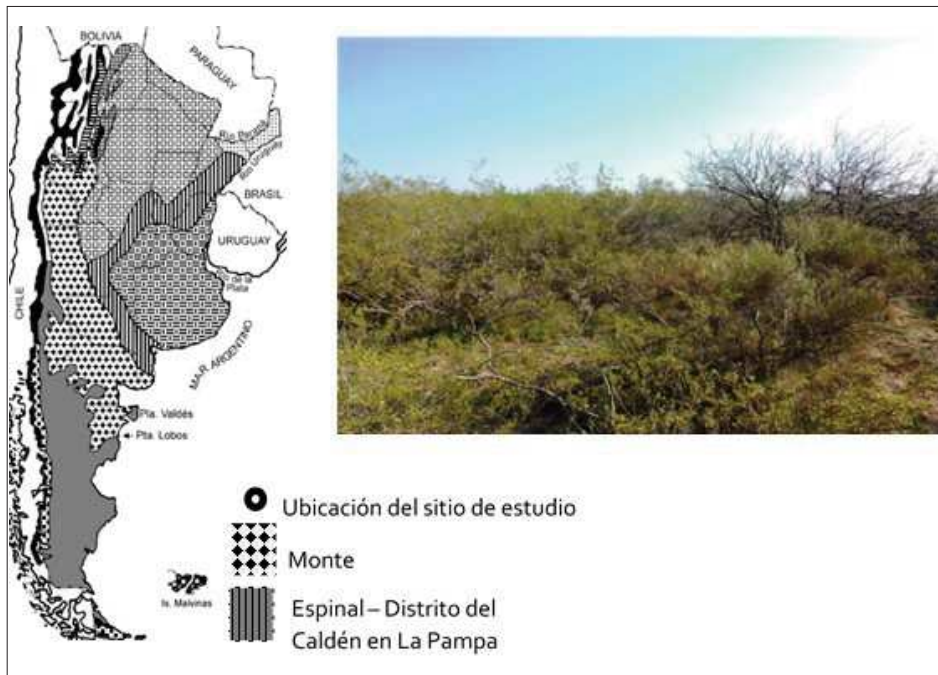


Figura 1. Mapa de Argentina donde se observa la ubicación del sitio, que corresponde a la zona de transición Caldénal-Monte Occidental según Cabrera (1976) (izquierda). Fotografía descriptiva del sitio de estudio (derecha).

Figure 1. Map of Argentina showing the location of the site, which corresponds to the Caldénal-Monte Occidental transition zone according to Cabrera (1976) (left). Descriptive photograph of the study site (right).

predominantemente primavera-estival.

La evapotranspiración potencial (Thornthwaite) es de 789 mm y la deficiencia hídrica media anual de 292 mm. El balance hídrico presenta el mayor déficit entre los meses de octubre a marzo. Si bien es la época de mayores precipitaciones, la elevada temperatura y consecuente mayor evapotranspiración hacen que las deficiencias hídricas aumenten, ubicando a esta región bajo un régimen hídrico semiárido. La velocidad del viento en promedio anual es de 10-11 km.h⁻¹ y la dirección predominante es N-NW en julio y N-SW en enero. El suelo en el área de estudio es de textura franco-arenosa y fue clasificado como Ustortente típico (Jacyszyn & Pitaluga, 1977).

La vegetación presenta una fisonomía de arbustal mixto perennifolio con presencia de árboles aislados de algarrobo (*Prosopis flexuosa*) y un estrato inferior de gramíneas bajas e intermedias. El estrato arbustivo es dominado por *Chuquiraga erinacea* (chilladora), *Larrea divaricata* (jarilla hembra), *Condalia microphylla* (piquillín), renuevos de *Prosopis flexuosa* (algarrobo), *Prosopidastrum globosum* (manca caballo), *Lycium chilense* (llaollín), *Ephedra triandra* (tramontana), entre otras. El estrato gramíneo-herbáceo presenta una comunidad donde predominan las gramíneas invernales sobre las estivales y las hierbas. Entre las principales especies se encuentran: *Nassella tenuis* (flechilla fina), *Poa ligularis* (unquillo), *Piptochaetium napaense* (flechilla negra), *Digitaria californica*

(pasto plateado) y *Tricloris crinita* (plumerito) entre otras (Adema *et al.*, 2004).

Selección y descripción de especies

El estudio se realizó sobre tres especies arbustivas de gran abundancia y representatividad espacial de la región del Caldenal y Monte Occidental: *Chuquiraga erinacea* Don (chilladora), *Larrea divaricata* Cavanilles (jarilla) y *Condalia microphylla* Cavanilles (piquillín). Para el muestreo de las mismas se tuvo en cuenta la diversidad morfológica de cada una. La abundancia de las especies mencionadas, probablemente esté directamente relacionada a la escasa o nula palatabilidad para el ganado doméstico bovino y caprino y a la historia de uso de los ambientes naturales que ocupan.

Cano (1988) realizó una descripción de las principales especies vegetales nativas de La Pampa respecto de su morfología, fenología, valor forrajero y distribución geográfica (Tabla 1).

Respecto a la distribución geográfica, las tres especies ocupan grandes superficies dentro del territorio argentino, desde Salta y Jujuy hasta la Patagonia norte. Dentro de la provincia de La Pampa, ocupan prácticamente toda la fracción que va desde el centro hacia el oeste provincial (Figura 2).

Biomasa y variables biométricas

Para realizar una descripción de la arquitectura de copa de las especies y con el fin de establecer un modelo de predicción de biomasa en función de variables biométricas, se midieron diámetro

Tabla 1. Breve descripción de las especies arbustivas estudiadas según Cano (1988)
Table 1. Brief description of the shrub species studied according to Cano (1988)

Especie	Ciclo	Copa	Tallos	Hojas	Distribución geográfica	Calidad forrajera
<i>Chuquiraga erinacea</i>	Perenne	Compacta	Múltiples tallos, ramificados desde la base	Duras, espinescentes	Característica del Monte, ampliamente distribuida sobre el sector occidental de Argentina	Mala
<i>Larrea divaricata</i>	Perenne	Laxa, dispersa	Leñosos, resinosos	Opuestas con dos folíolos	Muy característica de los arbustales xerófilos del oeste de Argentina, desde Salta hasta Chubut.	Mala
<i>Condalia microphylla</i>	Perenne	Densa	Tallos y ramas rígidas y espinosas	Simples, pequeñas, coráceas	Característica del oeste de Argentina, desde Jujuy hasta la Patagonia norte.	Mala

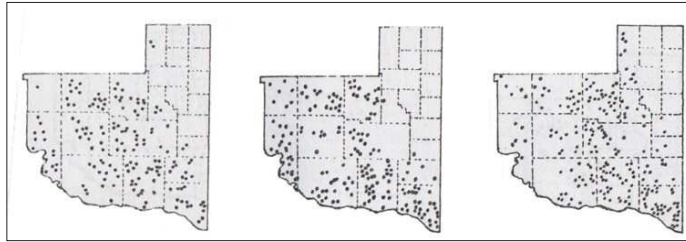


Figura 2. Distribución geográfica de *Chuquiraga erinacea* (izquierda), *Larrea divaricata* (centro) y *Condalia microphylla* (derecha). Adaptado de Cano (1988).

Figure 2. Geographic distribution of *Chuquiraga erinacea* (left), *Larrea divaricata* (center) and *Condalia microphylla* (right). Adapted from Cano (1988).

(D) y altura de copa (H) (Figura 3) promediando cuatro lecturas de cada variable (cm). Para determinar la biomasa aérea verde (B), de las plantas (kg), las mismas fueron cortadas al ras del suelo e inmediatamente pesadas con balanza granataria (marca SIPEL Ohaus, modelo CD-11, rango de peso: Max=15kg - Min=20g d=1g). Las mediciones se realizaron sobre 34 ejemplares de *Chuquiraga erinacea*, 34 de *Larrea divaricata* y 33 de *Condalia microphylla*. En todos los casos los individuos fueron tomados al azar, abarcando todo el rango de tamaños presentes

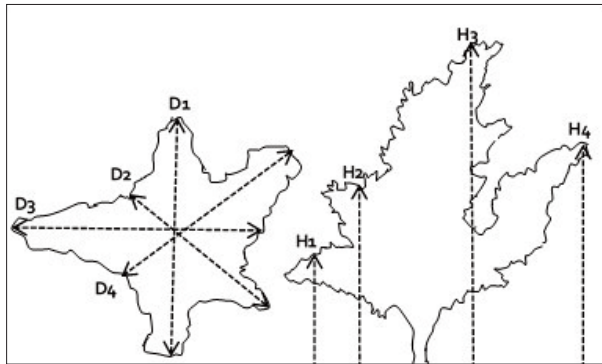


Figura 3. Esquema ilustrativo que indica las cuatro mediciones del diámetro de copa (D) vista en planta (izquierda) y altura de los arbustos (H) (derecha).

Figure 3. Illustrative scheme that indicates the four measurements of the canopy diameter (D) seen in plan (left) and height of the shrubs (H) (right).

en cada especie.

Capacidad de retención de agua

La capacidad máxima de retención de agua de

las especies arbustivas se determinó por diferencia de peso mojado al punto de saturación (PM: peso de la planta luego de haber sido saturada con agua después que la misma perdiera agua en exceso por cese del goteo) y peso fresco o biomasa verde (PF: peso de la planta en estado natural, al momento de ser cortada en

el campo). Se trabajó sobre plantas enteras y los datos fueron registrados en kilogramos (kg). De esta manera, la capacidad de retención de agua fue expresada en porcentaje de peso respecto de la biomasa total, calculado a partir de la diferencia $PM - PF$. La metodología utilizada fue inmersión de plantas enteras y se aplicó sobre 23 plantas de *Chuquiraga erinacea*, 23 de *Condalia microphylla* y 21 de *Larrea divaricata*. Se procedió al corte de las plantas enteras desde la base para registrar su PF, cada planta fue introducida en un recipiente con agua hasta saturación durante un minuto, posteriormente se ubicó de forma vertical hacia arriba hasta perder el agua en exceso (cese del goteo) e inmediatamente se registró el PM. De esta forma se obtuvieron los datos de PF y PM con balanza granataria descripta anteriormente.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante regresión lineal con el fin de: I) determinar modelos de predicción de biomasa aérea total de cada especie en función de variables biométricas medidas en campo y II) establecer una relación entre el PM y PF de los individuos y determinar el porcentaje de humedad retenida por las plantas en relación a su biomasa.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa InfoStat/Profesional (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS

Biomasa aérea verde y variables biométricas

Los valores medios registrados de las variables analizadas en esta sección fueron: para *Chuquiraga erinacea* el diámetro medio de copa 120 cm, altura 85 cm y biomasa de 2,86 kg; para *Larrea divaricata* 167,3 cm el diámetro, 135,4 cm la altura y biomasa de 3,98 kg y finalmente *Condalia*

Tabla 2. Valores mínimos (Mín), máximos (Máx) y promedios (Prom) de las variables diámetro, altura y biomasa para cada especie.

Table 2. Minimum values (Min), maximum (Max) and averages (Prom) of the variables diameter, height and biomass for each species.

Especie	Diámetro (D) (cm)			Altura (H) (cm)			Biomasa (B) (kg)		
	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom
	<i>Chuquiraga erinacea</i>	18,5	202,0	120,0	26,0	133,8	85,0	0,03	8,02
<i>Larrea divaricata</i>	55,3	287,8	167,3	40,3	207,8	135,4	0,11	14,04	3,98
<i>Condalia microphylla</i>	41,3	248,3	146,0	20,5	138,5	96,1	0,06	21,09	6,40

microphylla presentó un diámetro medio de 146 cm, 96,1 cm la altura y 6,4 kg de biomasa (Tabla 2).

Los resultados demostraron que D fue la variable que mejor predijo B en las tres especies en estudio. El análisis de regresión fue altamente significativo ($p < 0,01$) en todos los casos. Para *Chuquiraga erinacea* el modelo lineal resultante fue $B = (-0,18 + 0,01D)^2$ (Figura 4) con un $R^2 = 87\%$.

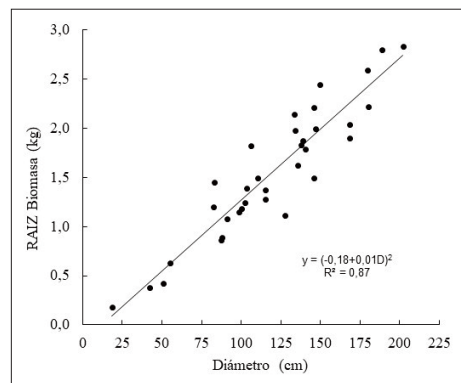


Figura 4. Relación lineal entre el Diámetro (D) y la Biomasa de copa (B) para *Chuquiraga erinacea*.

Figure 4. Diameter (D) and Biomass canopy (B) linear ratio for *Chuquiraga erinacea*.

Los datos de Biomasa debieron ser transformados a raíz cuadrada para lograr mejor ajuste del modelo. Para *Larrea divaricata*, el modelo propuesto fue $B = (0,00000273)D^{2,72}$ y $R^2 = 96\%$ (Figura 5). Los datos de ambas variables fueron transformados a logaritmo natural para optimización del modelo. Finalmente, en *Condalia microphylla* el modelo resultante fue $B = (0,00000164)D^{2,99}$ y $R^2 = 94\%$ (Figura 6).

De igual manera que con *Larrea*, se utilizó para el análisis logaritmo natural de biomasa y diámetro, logrando resultados significativos. La variable altura (H) fue desestimada ya que en ningún caso mostro un ajuste de regresión significativo para predecir la biomasa de la especies. Incluso realizando diversas transformaciones con los datos se llegó a un modelo de respuesta a la predicción de biomasa.

Capacidad de retención de agua en plantas enteras

De las relaciones PM – PF de los individuos de cada especie, se obtuvieron los siguientes modelos: $PM = 0,18 + 1,3PF$ ($R^2 = 99\%$) para *Chuquiraga erinacea* (Figura 7); $PM = 0,29 + 1,19PF$ ($R^2 = 99\%$)

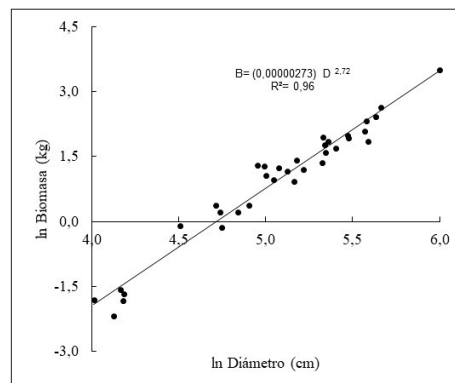


Figura 5. Relación lineal entre el Diámetro (D) y la Biomasa de copa (B) para *Larrea divaricata*.

Figure 5. Diameter (D) and Biomass canopy (B) linear ratio for *Larrea divaricata*.

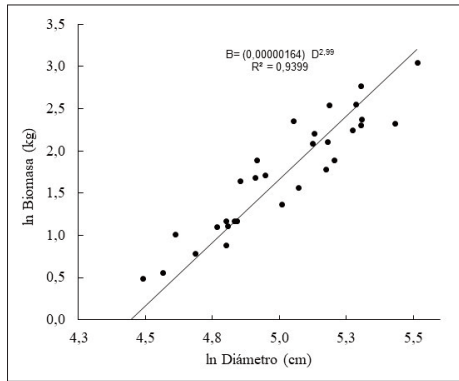


Figura 6. Relación lineal entre el Diámetro (D) y la Biomasa de la copa (B) para *Condalia microphylla*.

Figure 6. Diameter (D) and Biomass canopy (B) linear ratio for *Condalia microphylla*.

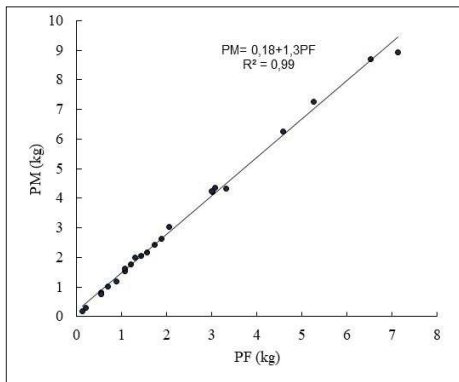


Figura 7: Relación lineal Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Chuquiraga erinacea* determinada a partir del método de inmersión de plantas enteras en campo.

Figure 7: Fresh Weight (PF) and Wet Weight (MW) linear ratio in *Chuquiraga erinacea* determined from the method of immersion of whole plants in the field.

para *Larrea divaricata* (Figura 8) y $PM=1,32PF^{0,96}$ ($R^2=99\%$) para *Condalia microphylla* (Figura 9). Para esta última especie, los datos de ambas variables debieron ser transformados a logaritmo natural (Ln) para un mejor ajuste del modelo. La capacidad de retención de agua correspondió al 38%, 26% y 23% del PF para *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* respectivamente (Figura 10).

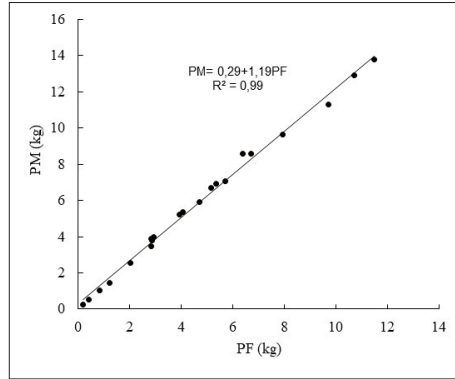


Figura 8: Relación lineal entre el Peso Fresco (PF) y el Peso Mojado (PM) en *Larrea divaricata* determinada a partir del método de inmersión en campo sobre plantas enteras.

Figure 8: Weight Fresh (PF) and Wet Weight (MW) linear ratio in *Larrea divaricata* determined from the field immersion method on whole plants.

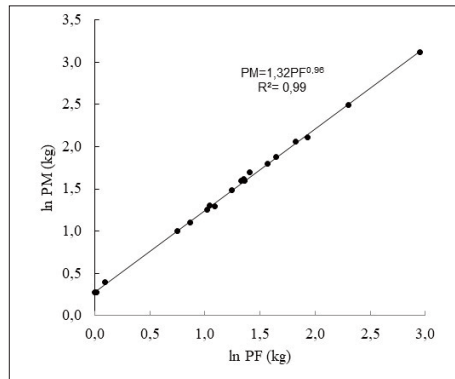


Figura 9: Relación lineal Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Condalia microphylla* determinada a partir del método de inmersión en campo sobre plantas enteras. Ambos datos debieron ser transformados a logaritmo natural (ln) para mejor ajuste del modelo.

Figure 9: Weight Fresh (PF) - Wet Weight (PM) Linear Ratio in *Condalia microphylla* determined from the field immersion method on whole plants. Both data had to be transformed to natural logarithm (ln) to better fit the model.

DISCUSIÓN

Bajo condiciones áridas-semiáridas, la biomasa es una de las variables estructurales más importantes en la descripción del estado de la vegetación en relación a los principales factores limitantes, especialmente en la capacidad de infiltración, disponibilidad hídrica, generación de

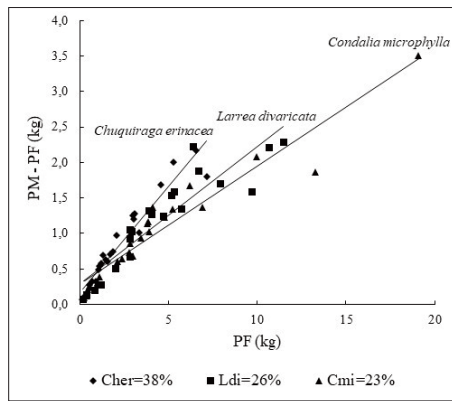


Figura 10: Porcentaje de retención de agua establecido en función de la relación PF y PM-PF para las tres especies arbustivas: *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*.

Figure 10: Water retention percentage established in relation to the PF and PM-PF ratio for the three shrub species: *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* and *Condalia microphylla*.

escorrentías y tasas de erosión del suelo (Adema *et al.*, 2003; Belmonte Serrato & López-Bermúdez, 2003). La estimación de biomasa de especies leñosas es esencial en la evaluación de estos procesos. Es muy frecuente observar que especies de una misma formación vegetal presentan similitudes en su morfología y biomasa aérea, permitiendo generar modelos predictivos únicos para la estimación de biomasa a partir de variables biométricas comunes (Acosta-Mireles *et al.*, 2002).

El diámetro medio de copa fue la variable independiente que presentó el mejor ajuste para la predicción de la biomasa en las tres especies. Estos resultados coinciden con Iglesias & Barchuk (2010), donde se establecen funciones simples de estimación de biomasa aérea en seis especies leguminosas caducifolias de los bosques del Chaco Árido; asumiendo que el diámetro a la base (DAB) y el producto del DAB² y altura son las variables independientes que mejor predicen la biomasa por especie. Asimismo, estos autores consideran que la altura de los individuos no resultó un aporte significativo en la estimación de la biomasa de las especies, lo que evitaría la necesidad de obtener este dato

que frecuentemente es de difícil registro, principalmente en los bosques cerrados (Segura & Kanninen, 2005). De la misma manera, Hierro *et al.* (2000) en un trabajo donde desarrollan ecuaciones predictivas para estimar la biomasa aérea total en ocho especies de arbustos de la región del Monte en Argentina concluyen que el diámetro a la rama más larga es la variable medible en campo más fácil de tomar, además de ser el mejor predictor de la biomasa de las especies estudiadas.

La estimación de la biomasa aérea en especies arbustivas resulta fundamental en la evaluación de la lluvia retenida por el almacenaje de las plantas (Belmonte Serrato, 2001), al igual que conocer la importancia relativa de la interceptación en el ciclo hidrológico de las comunidades vegetales dominantes en ambientes áridos.

El mayor porcentaje de retención de agua correspondiente a *Chuquiraga erinacea* se debió a la estructura de la especie, a pesar de que son ejemplares más pequeños tanto en diámetro, altura y biomasa respecto de las otras especies estudiadas. Son plantas muy ramosas, de copa compacta con una importante densidad de hojas duras y aciculadas agrupadas en el ápice de las ramas (Cano, 1988), de forma tal que permiten una mayor acumulación de agua entre ellas y por ende una mayor interceptación. Además, el mismo efecto genera la corteza rugosa de sus tallos, retardando el escurrimiento hacia la base de la planta. En este contexto, la escorrentía cortical cumple un rol hidro-ecológico de gran importancia en las comunidades vegetales características de estos ambientes, acentuando estos flujos como estrategia adaptativa a la falta de agua (Spetch, 1957; Glover & Gwynne, 1962; Slatyer, 1965; Pressland, 1973; Kovda *et al.*, 1979). *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, presentaron resultados más bajos de retención debido principalmente a que la estructura de estas plantas no permite una gran acumulación de agua entre sus ramas y hojas. Aun así, estos valores no son despreciables ya que debe tenerse en cuenta el papel de la arbustización en los procesos hidrológicos como elemento interceptor del agua de lluvia, siendo su efecto más acentuado en ambientes secos.

CONCLUSIONES

La construcción de modelos predictivos permitió establecer relaciones directas entre: diámetro medio de copa – biomasa aérea verde – retención de agua. Es decir que solo con la medición del diámetro de copa de un arbusto de las especies estudiadas, se puede estimar su biomasa aérea, correspondiente al peso fresco, a partir del cual se puede estimar la capacidad de retención de agua de cada especie.

La capacidad de retención de agua de las especies estudiadas es significativa. Teniendo en cuenta que las mismas corresponden a una proporción del total de especies arbustivas que integran la vegetación natural del sitio, la retención de agua de lluvia por parte de toda la comunidad arbustiva es mayor, ejerciendo un efecto muy significativo sobre la hidrología de la región.

Los densos arbustales que dominan el Caldenal y el Monte Occidental juegan un rol clave en la dinámica hídrica de estos ambientes áridos y semiáridos, ya que la retención de agua de lluvia de las plantas depende en gran medida de la biomasa presente y de las características estructurales de la vegetación. La capacidad de almacenamiento de agua en el dosel de los arbustos se destaca como un elemento fundamental al momento de analizar la importancia de la intercepción en el ciclo hidrológico de una región.

AGRADECIMIENTOS

A la Estación Experimental Anguil del INTA por el apoyo económico en la realización del estudio y facilitar los medios necesarios para concretar los trabajos de campo. Al grupo de trabajo que contribuyó en las tareas de campo y gabinete: Lucas Butti, Fernando AVECILLA y Guillermo Berterreix. A Jaime Bernardos y Federico Frank por los aportes recibidos en la etapa de revisión final de esta publicación.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta-Mireles M., A. Vargas-Hernández, A. Velásquez-Martínez & J.D. Echevers-Barra. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca. México.

Agrociencia 36: 725-736.

Adema E.O. 2006. Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y en el Monte Occidental. Publ. Técnica N° 65. Ed. INTA Anguil. 52 p.

Adema E.O., D.E. Buschiazzo, F.J. Babinec, T.E. Rucci & V.F. Gómez Hermida. 2004. Mechanical control of shrubs in the semiarid Argentina and its effects on soil water content and grassland productivity. *Agric. Water Manage.* 68: 185-194.

Adema E.O., F.J. Babinec, D.E. Buschiazzo, M.J. Martín & N. Peinemann. 2003. Erosión hídrica en los suelos del caldenal. Publ. Técnica N° 53. Ed. INTA Anguil. 34 p.

Aguiar M.R. & O.E. Sala. 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 14: 273-277.

Belmonte Serrato F. & A. Romero Diaz. 1998. A simple technique for measuring rainfall interception by small shrubs: interception flow collection box. *Hidrol. process.* 12(3): 471-482.

Belmonte Serrato F. 2001. Balance hídrico, distribución de flujos y modelización de la intercepción en dos arbustos semiáridos mediante lluvia simulada. *Papeles de Geografía* 33: 23-34.

Belmonte Serrato F. & F. López Bermúdez. 2003. Estimación de la biomasa de una especie vegetal mediterránea (Tomillo: *Thymus vulgaris*) a partir de algunos parámetros de medición sencilla. *Ecología* 17: 145-151.

Cabrera A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II (1) 85 p.

Cano E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Tomos I: Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA – Gob. De La Pampa. Buenos Aires. 425 p.

Cantú Silva I. & H. González Rodríguez. 2005. Pérdidas por intercepción de la lluvia en tres especies de matorral submontano. *CIENCIA UANL VIII* (1): 80-85.

Davie T. 2002. *Fundamentals of Hydrology*, second ed. Routledge, London. pp. 20-22.

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

- Dunkerley D.L. 2008. Intra-storm evaporation as a component of canopy interception loss in dryland shrubs: observations from Fowlers Gap, Australia. *Hydrol. Proc.* 22: 1985-1995.
- Fleischbein K., W. Wilcke, R. Goller, P. Böhm, C. Valarezo, W. Zech & A.W. Küchler. 2005. Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. *Hydrol. Proc.* 19, 1355–1371.
- García-Estringana P., N. Alonso-Blázquez & J. Alegre. 2010. Water storage capacity, stemflow and water funneling in Mediterranean shrubs. *J. Hydrol.* 389: 363-372.
- Gash J.H.C. 1979. An analytical model of rainfall interception by forest. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 105(443): 43-55.
- Gash J.H.C., C.R. Lloyd & G. Lachaud. 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *J. Hydrol.* 170: 79-86.
- Glover J. & M.D. Gwynne. 1962. Light rainfall and plant survival in East Africa I. Maize. *J. Ecol.* 50: 111-118.
- Herwitz S.R. 1985. Interception storage capacities of tropical rainforest canopy trees. *J. Hydrol.* 77: 237-252.
- Hierro J.L., L. Branch, D. Villarreal & K. Clark. 2000. Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *J. Range Manage.* 53: 617-621.
- Iglesias M.R. & A.H. Barchuk. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). Comunicación breve. *Ecol. Austral* 20: 71-79.
- INTA, Prov. de La Pampa, UNLPam. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Prov. de La Pampa. 493 p.
- Jacyszyn B. & A. Pittaluga. 1977. Suelos del área de Chacharramendi, provincia de La Pampa. CIRN, Castelar. 42 p.
- Kovda V.A., E.M. Samoilova, J.L. Charley & J.J. Skujins. 1979. Soil Processes in Arid Lands. In *Arid Lands Ecosystems: Their Structure, Functioning and Management*. Edited by D. Goodall and R. Perry. IBP 17. Cambridge University Press.
- Llorens P. & F. Gallart. 2000. A simple method for water storage capacity measurement. *J. Hydrol.* 240: 131-144.
- Pressland A.J. 1973. Rainfall partitioning by an arid woodland (*Acacia aneura* F. Muell.) in south-western Queensland. *Australian J. Bot.* 21: 235-245.
- Rutter A.J., K.A. Kershaw, P.C. Robins & A.J. Morton. 1971. A predictive model of rainfall interception in forest, I. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine. *Agric. Meteorol.* 9: 367-384.
- Segura M. & M. Kanninen. 2005. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1): 2-8.
- Slatyer R.O. 1965. Measurement of precipitation, interception by an arid plant community (*Acacia aneura* F.). *Arid Zone Res.* 25: 181-192.
- Spetch R.L. 1957. IV Soil moisture patterns produced by rainfall interception and stemflow. *Australian J. Bot.* 5:137-150.
- Thornes J. 1994. Catchment and channel hydrology. *En: Geomorphology of desert environments* (A.D. Abrahams & A.J. Parsons Eds.). Chapman and Hall. London. pp. 257-287.
- Vázquez P., E. Adema & B. Fernández. 2013. Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecol. Austral.* 23: 77-86.
- Vázquez P., E. Adema, E. Llorens, L. Butti, S. Poey, I. Stefanazzi & F. Babinec. 2016. Modelado y predicción de la productividad neta de forraje en el árido-semiárido de la provincia de La Pampa. Publicación técnica N° 102. INTA.
- Wang D. & G. Wang. 2007. Toward a robust canopy hydrology scheme with precipitation subgrid variability. *J. Hydrometeorol.* 8: 439-446.