



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Secretaría de Investigación y Postgrado

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

Para la obtención del título de

Magíster en Recursos Hídricos

EFECTO DEL DOSEL DE LOS ARBUSTOS SOBRE LA
INTERCEPCIÓN DE LLUVIA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL
DE ARGENTINA

Autor

MONICA P. ALVAREZ REDONDO

Ingeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente

Director

EDGARDO ADEMA

Licenciado en Aprovechamiento de Recursos Naturales Renovables

Magister en Ciencias Agrarias

Santa Rosa, La Pampa, 15 de Diciembre de 2015

Esta TESIS se presenta como parte de los requisitos necesarios para optar el Grado Académico de Magister en Recursos Hídricos de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). La misma contiene los resultados de evaluaciones realizadas a campo en los arbustales dominantes de la región del ecotono Caldenal – Monte Occidental en el campo anexo del INTA en Chacharramendi. Los resultados de laboratorio fueron realizados en la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Este estudio es el resultado de un proceso que comenzó en el año 2009 bajo la dirección de MSc. Edgardo O. ADEMA.

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis ha requerido un periodo prolongado hasta su finalización. Son muchas las personas que han formado parte de una forma u otra en este proceso que comenzó en el año 2009.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Edgardo O. Adema por su dirección y asistencia durante el transcurso de este trabajo. Por la confianza depositada en mí y el tiempo dedicado. Por su profesionalismo, respeto y calidad humana.

Agradezco a la Estación Experimental Anguil de INTA por el apoyo económico en la realización de la Tesis. Al campo anexo de INTA en Chacharramendi por ofrecerme los medios necesarios para concretar los trabajos de campo.

Agradezco a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa por brindarme el espacio físico que permitió la realización de los trabajos de laboratorio.

Agradezco enormemente al grupo de trabajo que se conformó desde el primer día en que se inició esta Tesis, entre ellos: a Silvia Aimar por ser la persona que me tuvo en cuenta para llevar adelante el proyecto; a Lucas Butti por su gran aporte en el análisis estadístico de los datos; a Guillermo Berterreix y Fernando AVECILLA por su colaboración en los trabajos de campo. Y a todos por su generosidad, compañerismo y compromiso.

Un especial agradecimiento a Gisela López y Ana Urioste por los aportes recibidos en la etapa de revisión final de la Tesis.

A mis amigas de la vida y mis amigas colegas por el apoyo constante en cada etapa de esta Tesis.

Finalmente quiero agradecer profundamente a mi familia por el estímulo constante que me brindaron, por su tolerancia y consideración, haciendo posible la concreción de esta Tesis.

RESUMEN

Determinar la capacidad de intercepción de lluvia por la vegetación resulta útil para entender procesos hidrológicos en ecosistemas áridos-semiáridos. En este aspecto, la biomasa de las cubiertas vegetales es un factor clave que contribuye de manera significativa en el ciclo hidrológico. La intercepción de lluvia es un proceso escasamente estudiado en ambientes semiáridos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto que ejercen *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, tres especies arbustivas características del ecotono Caldenal - Monte occidental, sobre el ciclo hidrológico de la región. El estudio se realizó en el Campo Anexo de INTA en Chacharramendi y alrededores, provincia de La Pampa, ubicado sobre la franja central semiárida de Argentina. Se determinaron modelos predictivos de biomasa aérea de las especies a partir de mediciones de diámetro y altura de individuos en campo. Se midió capacidad máxima de retención de agua sobre plantas enteras a partir de dos técnicas de campo: simulación de lluvia e inmersión. Se aplicó una tercera metodología en laboratorio sobre porciones de plantas. La capacidad de retención de agua, expresado en porcentaje respecto de la biomasa, se determinó por diferencia peso mojado (PM) – peso fresco (PF). El diámetro medio de copa resultó la variable independiente con el mejor ajuste para la predicción de la biomasa aérea en las tres especies estudiadas. *Chuquiraga erinacea* fue la especie que presentó mayor capacidad de retención de agua con un 38%, siguiendo en orden decreciente *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* con 26% y 23% respectivamente. La igualdad de resultados provenientes de las dos técnicas de campo sobre plantas enteras de *Chuquiraga erinacea* justificó la aplicación de inmersión para completar el estudio por ser más expeditiva su aplicación y más económica en términos de tiempo y costos. La técnica de laboratorio no resultó un aporte metodológicamente aceptable en este trabajo. Los resultados demuestran que una importante fracción de las precipitaciones es retenida por las densas comunidades de arbustos que dominan el sitio, y se pierde a la atmósfera por evaporación. Conocer la capacidad de retención de agua de las cubiertas vegetales resulta clave para determinar cambios en el ciclo hidrológico en ambientes áridos-semiáridos, donde la arbustización es un proceso que ocurre con gran frecuencia e intensidad, teniendo en cuenta que el agua se presenta como el factor más crítico para el desarrollo de los sistemas productivos de la región.

ABSTRACT

Determine the capacity of rain interception by vegetation is useful for understanding hydrological processes in arid-semiarid ecosystems. In this aspect, the biomass of cover crops is a key factor that contributes significantly to the hydrological cycle. Rainfall interception is a process scarcely studied in semiarid environments. The aim of this study was to evaluate the effect exerted *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* and *Condalia microphylla*, three dominant shrub species of transition's zone Caldenal – Monte Occidental, on the hydrological cycle in the region. 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 two techniques on field: rainfall simulation and immersion method. Third methodology was applied in laboratory on portions of plants. Water storage capacity, expressed in percentage of biomass was determined by difference wet weight (PM) - fresh weight (FW). 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. Equality of results from field techniques for whole plants of *Chuquiraga erinacea* justified the application of immersion method in the study to be more expeditious implementation and more economical in terms of time and costs. The laboratory technique was not an acceptable methodological contribution in this work. The results show that a significant fraction of rainfall is retained by the dense shrub communities that dominate the site, and is lost to the atmosphere by evaporation. Knowing the water storage capacity of the ground cover is key to determine changes in the hydrological cycle in semi-arid environments where shrub vegetation density increases with great frequency and intensity. Given that water is presented as the most critical factor for the development of production systems in the region.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1. <i>Sitio de estudio</i>	13
2.2. <i>Selección y descripción de especies</i>	15
2.3. <i>Densidad, biomasa y variables biométricas</i>	18
2.4. <i>Intercepción</i>	20
2.4.1 <i>Métodos de campo</i>	20
2.4.1.1 <i>Simulación de lluvia</i>	20
2.4.1.2 <i>Inmersión de plantas</i>	23
2.4.2 <i>Método de laboratorio</i>	24
2.5. <i>Análisis estadístico</i>	26
3. RESULTADOS.....	27
3.1. <i>Densidad, biomasa aérea verde y variables biométricas</i>	27
3.2. <i>Intercepción</i>	32
3.2.1. <i>Capacidad de retención de agua en plantas enteras - Campo</i>	32
3.2.2. <i>Capacidad de retención de agua en porciones de plantas - Laboratorio</i>	39
3.3. <i>Efecto de intercepción a nivel regional</i>	45
4. DISCUSIÓN.....	48
5. CONCLUSIÓN.....	53
6. BIBLIOGRAFÍA.....	55
7. ANEXOS.....	60
7.1. <i>Tabla I. Variables biométricas: datos de diámetro, altura y biomasa para Chuquiraga erinacea, Larrea divaricata y Condalia microphylla</i>	60
7.2. <i>Tabla II. Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) para Chuquiraga erinacea obtenidos en campo a partir de las metodologías de Simulación de lluvia e Inmersión de plantas</i>	61

7.3. Tabla III. <i>Datos de Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) obtenidos en campo por metodología de inmersión de plantas enteras para Chuquiraga erinacea, Larrea divaricata y Condalia microphylla</i>	62
7.4. Tabla IV. <i>Datos de Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) obtenidos en laboratorio sobre porciones de plantas de Chuquiraga erinacea, Larrea divaricata y Condalia microphylla</i>	63
7.5. Tabla V. Precipitaciones (mm) diarias para el período 1992 – 2013. Datos meteorológicos provenientes de la Estación Agrometeorológica del Campo Anexo del INTA en Chacharramendi.....	66

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas áridos – semiáridos son ambientes naturalmente limitados, principalmente por la escases de agua. La diversidad y productividad de estos ambientes está marcada por una compleja interacción entre los organismos vivos y las limitaciones ambientales. El estudio de la intercepción de lluvia por parte de la cubierta vegetal resulta un elemento clave para entender la dinámica del comportamiento hídrico en estos ambientes. La intercepción es considerada como uno de los flujos componentes en el proceso de partición de lluvia y a su vez, ejerce una importante contribución en el ciclo hidrológico de una determinada región.

El proceso de intercepción de lluvia ha sido ampliamente estudiado en formaciones arbóreas homogéneas, pero se dispone de escasa información sobre los efectos que produce en sistemas naturales semiáridos de cubierta heterogénea, con predominancia de arbustos y especies gramíneo-herbáceas. No existen antecedentes científicos sobre el efecto de la intercepción de lluvia en los arbustales de la región del ecotono Caldenal – Monte Occidental.

La partición de lluvia es el proceso por el cual la lluvia puede modificar su trayectoria al encontrarse con la copa de una planta. La precipitación interceptada se conoce como *precipitación incidente* y cuando alcanza la vegetación queda dividida en tres flujos principales: *translocación* (flujo de goteo desde la cubierta vegetal hasta el suelo), *escorrentía cortical* (flujo de escurrimiento a través de ramas y tronco) e *intercepción* (flujo de evaporación de la lluvia retenida y almacenada en la cubierta) (Belmonte Serrato y Romero Días, 1998). La importancia de cada uno de estos flujos difiere para cada especie y está en función de las características intrínsecas de cada una.

La cubierta vegetal constituye un factor decisivo del ciclo hidrológico en ambientes secos (Thornes, 1994) ya que su presencia y distribución en el espacio condiciona la evaporación, intercepción y escorrentías, entre otros procesos. Los ecosistemas áridos y semiáridos muestran usualmente un patrón de vegetación en mosaico, con parches que tienen una biomasa relativamente alta, dispersos en una matriz de suelo pobre en vegetación (Aguilar and Sala, 1999). En estos ambientes, donde el agua es un factor limitante, la vegetación desarrolla estrategias para interceptar la precipitación y maximizar la humedad almacenada en el suelo (Domingo *et al.*, 1991; Puigdefábregas *et al.*, 1996; Belmonte Serrato, 2001). Como resultado se produce una heterogeneidad espacial de la humedad del suelo, que puede ser de gran importancia para la supervivencia de las plantas en condiciones de estrés hídrico (Glover and Gwynne, 1962; Tromble, 1988; De Soyza, *et al.*, 2002). La intercepción de la lluvia por parte de la vegetación, modifica la distribución espacial de agua que alcanza el suelo (Belmonte Serrato, *et al.*, 1996) y provoca pérdidas

por evaporación, que en algunos casos pueden llegar a superar el 40% de las lluvias (Belmonte Serrato and Romero Díaz, 1997).

La capacidad de almacenamiento de agua del dosel es un factor clave en el control de la interceptación y otros procesos eco-hidrológicos asociados con la vegetación (Rutter *et al.*, 1971; Herwitz, 1985; Llorens and Gallart, 2000; Davie, 2002; Dunkerley, 2008; Garcia-Estringana *et al.*, 2010). Considerando la limitante hídrica en este tipo de ambientes, 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 entrada de agua de lluvia al suelo. En este contexto, la estimación de biomasa aérea de la vegetación de ambientes secos puede resultar un dato fundamental en la evaluación de la lluvia retenida por almacenamiento de la plantas (Belmonte Serrato, 2001).

En cuanto a los factores que determinan las pérdidas por interceptación, estos pueden agruparse en dos: unos dependientes de las condiciones atmosféricas durante y tras el evento lluvioso y otros dependientes 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 las pérdidas por interceptación están significativamente correlacionadas de forma inversa con la porosidad de la copa y de forma directa con el índice de área foliar.

La interceptación de lluvia, considerada un componente del balance hídrico, ha sido estudiada mediante el uso de diferentes metodologías (West and Gifford, 1976; Thurow *et al.*, 1987; Tromble, 1988; Mauchamp and Janeau, 1993; Wood *et al.*, 1998; Wohlfahrt *et al.*, 2006). Puede ser analizada a partir de eventos naturales de precipitación o a través de la técnica de simulación de lluvia sobre diferentes especies en condiciones naturales. La producción de este tipo de información a partir de un simulador de lluvia, si bien es más costoso y de mayor dificultad, es muy completa (Nave Marcela *et al.*, 1994). Estos instrumentos son muy útiles en investigación, más aún en regiones semiáridas, cuando no se dispone de precipitaciones naturales con frecuencia. Por otro lado, características de la lluvia tales como duración e intensidad, son constantes en todos los experimentos y muchas veces conocidos. Así pues, el grado de control de las características de la lluvia y la posibilidad de repetir el experimento cuantas veces se requiera bajo las mismas condiciones de precipitación, permite obtener una base de datos de gran calidad en un tiempo relativamente corto. Entre sus mayores inconvenientes, se puede considerar que muchas veces no reproducen la lluvia natural con exactitud. En este sentido es importante destacar que los estudios con lluvia simulada no pretenden sustituir las investigaciones realizadas con lluvia natural, sino complementarlas (García Ortiz, 2006).

Otras de las formas de medir o cuantificar el agua interceptada por el dosel de la vegetación es mediante la técnica de inmersión, donde las plantas son sumergidas en agua

hasta saturación, determinando la capacidad máxima de retención de agua por diferencia de peso antes y después del mojado de las plantas. Si bien es un método fácil de aplicar, de bajo costo y en menor tiempo, en algunos casos puede llegar a subestimar la capacidad de retención de agua dependiendo de la especie y su estructura (García-Estringana *et al.*, 2010).

Belmonte Serrato (2001) comprueba que en el balance hídrico obtenido mediante simulación de precipitación en dos arbustos del matorral mediterráneo semiárido (Sureste de España), la lluvia perdida por intercepción es menor que lo registrado en eventos naturales de precipitación. Esta diferencia se debe a que los episodios de lluvia simulados, fueron continuos y de intensidad elevada, mientras que los episodios naturales no suelen ser continuos, provocando una mayor evaporación, tanto durante la lluvia como en los períodos en los que ésta se detiene. En el mismo trabajo, el autor resalta la predominancia de los flujos de escorrentía cortical en las dos especies estudiadas, asumiendo que, en ambos casos, dichos valores son superiores a los detectados para la translocación. Este predominio de flujo concentrado (Es. cortical) puede responder a la necesidad de los arbustos de zonas semiáridas de concentrar la máxima cantidad de agua en la base del tronco, donde puede infiltrarse con mayor facilidad.

Indirectamente, se pueden estimar las pérdidas de agua por intercepción como la diferencia entre la precipitación incidente (arriba del dosel) y la precipitación directa (debajo del dosel). Según Cantú Silva y Gonzales Rodríguez (2005), las pérdidas por intercepción del 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 las pérdidas por intercepción de lluvia (%) en especies de matorral son similares a las encontradas en el bosque de pino y encino en la Sierra Madre Oriental (SMO), 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.

Por otro lado Martínez Fernández *et al.* (2007) en un estudio sobre la evolución de la humedad del suelo bajo diferentes tipos de cubierta vegetal -trigo, tierra abandonada dedicada al pastoreo y pinar- en la Cuenca del Duero (España), revelaron que el suelo de la parcela de pinar presentó mayor déficit hídrico, atribuyendo este resultado, entre otros factores, a una menor entrada de agua en el suelo debido a la intercepción de lluvia por parte del dosel de los árboles. De la misma forma, estos autores sostienen que bajo los árboles (encinas) de una dehesa se da una situación más deficitaria que en los suelos desprovistos de vegetación arbórea. Además del consumo de agua por los árboles hay que señalar a la intercepción de la lluvia como otro factor que puede contribuir decisivamente a

esta circunstancia. Mateos Rodríguez (2003) estimó, en una dehesa extremeña, que el coeficiente de interceptación de las encinas alcanza hasta el 30% de la lluvia.

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. Estos sistemas naturales 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, quemas). Este hecho ha generado 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). Particularmente, las especies seleccionadas para este estudio: *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, ejercen una importante dominancia sobre el sitio, formando densas masas arbustivas junto con todas las especies que componen el estrato intermedio.

Los arbustos pueden generar grandes pérdidas 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 (García-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; Dussart *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2013).

Hipótesis

La fracción de lluvia interceptada por el dosel de los arbustos es significativa y está en función de las características estructurales de la copa, biomasa y densidad de cada especie de arbusto.

Objetivo General

Evaluar el efecto que ejercen distintas especies arbustivas predominantes en la zona del ecotono Caldenal - Monte Occidental sobre el ciclo hidrológico de la región.

Objetivos Específicos

- I. Evaluar la influencia de las características estructurales y densidad de las principales especies arbustivas en el proceso de interceptación de lluvia.
- II. Cuantificar la capacidad máxima de retención de agua por el dosel de cada especie estudiada en relación a su estructura y biomasa.
- III. Evaluar diferentes metodologías para la determinación de la capacidad máxima de retención de agua del dosel de las especies estudiadas

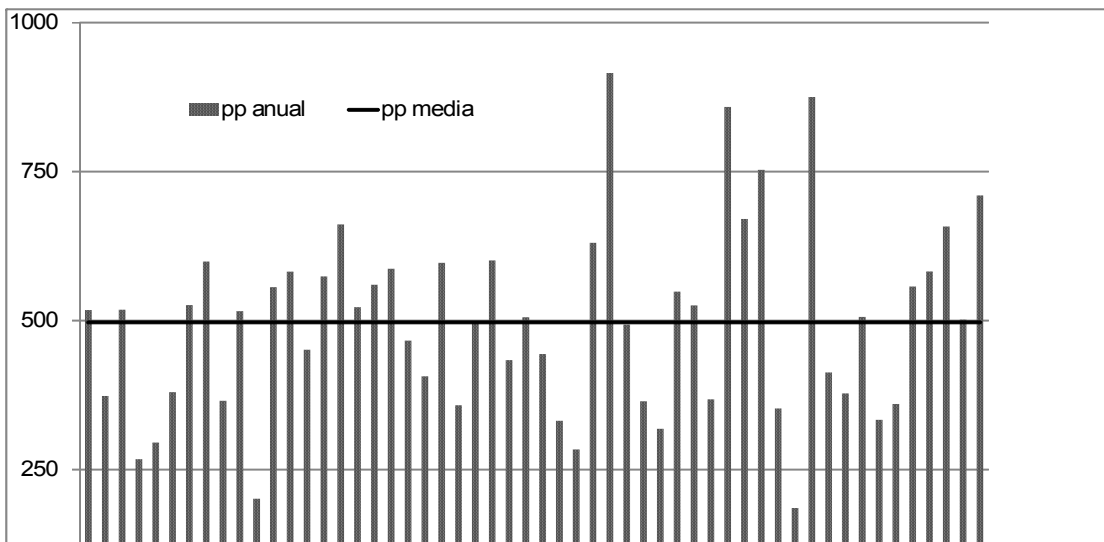
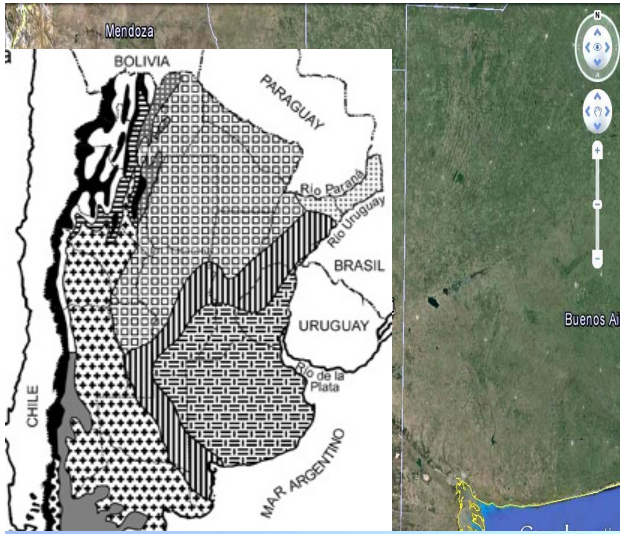
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio de estudio – Caracterización general del ambiente

El estudio se realizó dentro del Campo Anexo de INTA en Chacharramendi (37°22'S, 67°47'O) y alrededores, al sudoeste del Departamento 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 caldenal 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 halófitas (Fig. 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 (Fig. 2), con elevada variabilidad intra e interanual (CV=31%) y una distribución mayoritaria primavero-estival. Los valores extremos del periodo fueron 186 mm (2003) y 916 mm (1992) (Adema *et al.*, 2014, Roberto *et al.*, 1994). La evapotranspiración potencial (Thornthwaite) es de 789 mm y la deficiencia hídrica media anual de 292 mm. La velocidad del viento en promedio anual es de 10 -11 km/h y la dirección predominante es N - NW en julio y N – SW en enero. El balance hídrico refleja déficit, en general para toda la provincia, 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. El suelo en el área de estudio es de textura franco-arenosa y fue clasificado como Ustortente típico (Jacyszyn y Pitaluga, 1977).

La vegetación en esta zona de transición Caldenal - Monte Occidental está representada por 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 graminoso-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 napostaense* (flechilla negra), *Digitaria californica* (pasto plateado) y *Tricloris crinita* (plumerito) entre otras (Adema *et al.*, 2004).



2.2. Selección y descripción de especies

El estudio se realizó sobre tres especies arbustivas de mayor abundancia y representatividad espacial de la región del ecotono Caldenal – 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 *et al.* (1988) realizaron una descripción de las principales especies vegetales nativas de La Pampa respecto de su morfología, fenología, valor forrajero y distribución geográfica. A continuación se presenta la descripción de las especies abordadas en este estudio.



ramoso de copa compacta que no supera 1,5 m de altura. Las hojas dispuestas en formas alternadas, rígidas, duras, los racimos axilares dispuestos en el ápice de las ramas, color verde oscuro con una pubescencia sedosa rojiza. Esta especie florece y fructifica en la provincia fitogeográfica del Monte, aunque se encuentra en Argentina, desde Jujuy hasta el norte de la Patagonia. De



le, perennifolio. Su altura promedio va de 1,5 a 3 m. Ramosos. Hojas opuestas con dos folíolos unidos en la base. Flores solitarias con cinco pétalos. Fructos de cinco partes con una sola semilla en cada una. Florece a principios de casi al otoño. Es una especie muy característica de los matorrales de la zona de Salta hasta Chubut. No es apetecida por el ganado. De valor nutritivo para el ganado si se le extraen las resinas y aceites

perenne, muy ramoso de copa densa. Altura de 1,5 a 3 m. de abajo, con ramas rígidas, rectas, espinosas. Hojas elípticas, coriáceas, con nervaduras bien marcadas, reunidas en fascículos y fruto comestible, de color morado. Florece en primavera, fructifica en verano. En Argentina. En el país crece en el oeste desde Salta hasta Chubut. Pero malo, el ganado solo come sus frutos.

En general las tres especies ocupan grandes áreas desde Salta y Jujuy hasta la Patagonia norte. En prácticamente todo la fracción que va desde el



Variables biométricas

Se realizó una estimación de la densidad de las especies por el método de transectas. Sobre el área de estudio se seleccionaron 3 sitios (S) de muestreo (S1: 37°19,868'S // 65°47,281'W; S2: 37°19,455'S // 65°46, 556'W; S3: 37°19,709'S // 65°45, 778'W) y en cada uno se trazaron 4 transectas de 30 metros de longitud cada una, contemplando un ancho de 0,25 m a cada lado de la línea. Dicha variable se expresó en plantas por hectárea ($\text{plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$). Además se complementó la información con el trabajo de Adema *et al.* (2003) donde se caracteriza la vegetación natural del sitio y se cuantifica la densidad de las especies más relevantes del estrato arbustivo.

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 (D) y altura de copa (H) (Fig. 4) 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* y *Larrea divaricata* y 33 ejemplares de *Condalia microphylla*. En todos los casos los individuos fueron tomados al azar, abarcando todo el rango de tamaños presentes en cada especie (Fig. 5).



Retención de agua

... a partir de la determinación de la capacidad de retención de agua por el dosel de las especies, asumiendo que el agua es importante en el proceso de interceptación (Aston, 2000). Este concepto, disponible en la temática, fue objeto de proponer y aplicar diferentes metodologías de aplicación en campo y laboratorio. La capacidad máxima de retención se determinó por diferencia de peso fresco o biomasa verde (PF) -

peso de la planta en estado natural, al momento de ser cortada en el campo - y el peso mojado al punto de saturación (PM) - peso de la planta luego de haber sido saturada con agua después que la misma haya perdido el agua en exceso (goteo). De esta manera, la retención máxima se expresó como porcentaje de retención en función de la biomasa o PF de las especies, calculado a partir de la diferencia PM – PF.

2.4.1. Métodos de campo

Con el fin de probar, comparar y validar diferentes metodologías, para las mediciones de campo se utilizaron dos técnicas diferentes: simulación de lluvia e inmersión de plantas. Para tal fin, en ambos casos se trabajó sobre plantas enteras de *Chuquiraga erinacea* y los datos fueron registrados en kilogramos (kg). En principio, la retención de agua fue expresada en porcentaje de peso respecto de la biomasa total, luego se realizaron equivalencias en litros para llevar los resultados a unidad de superficie.

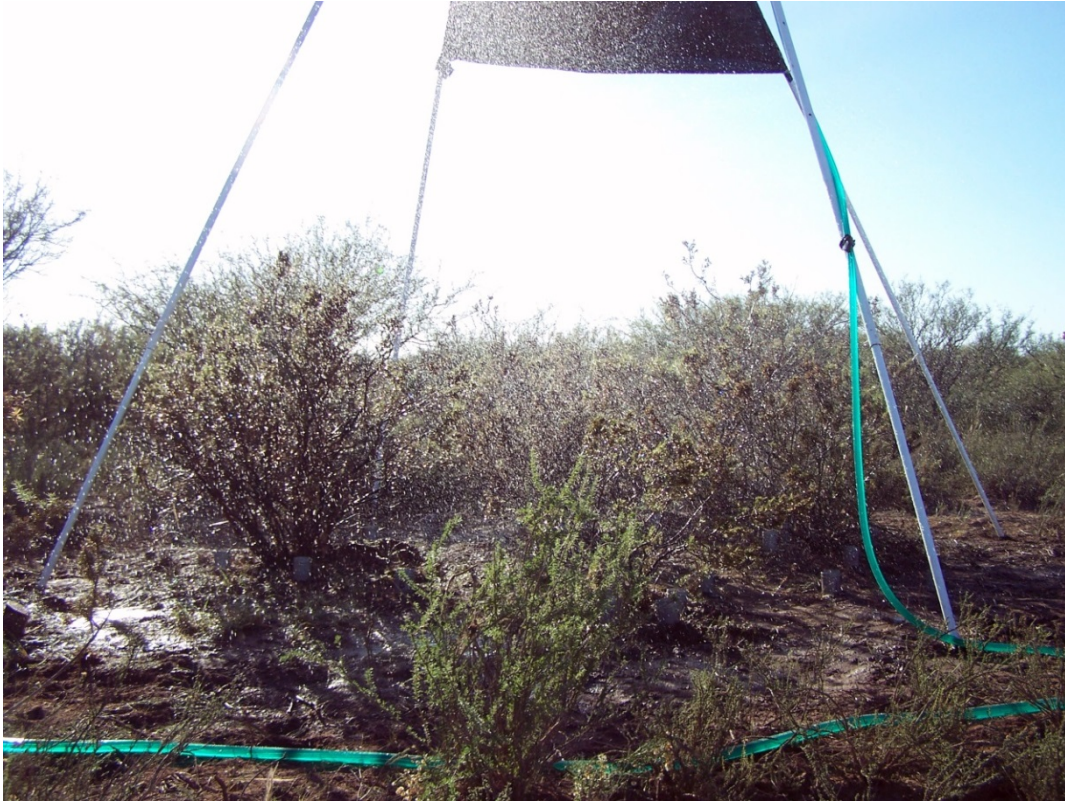
2.4.1.1. Simulación de lluvia

Se utilizó un simulador de lluvia de aspersion (Fig. 6). El mismo consta de un pico aspersor de cono lleno con un ángulo de salida de 120°, modelo 460.968.30.CG, fabricado por Lechler GMBH de Fellbach, Alemania, evaluado por Adema *et al.*, (2003). Este aspersor se conecta mediante una “T” de tremolen de 3/4” a un manómetro que soporta un rango de presión de 0 a 1 Kg.cm⁻² y se ubica en posición vertical, apuntando hacia abajo en el centro de una estructura metálica que le sirve de soporte. Esta estructura telescópica tiene cuatro patas extensibles que permiten regular la altura y el nivel del simulador, aun cuando se trabaje sobre paisajes de mucha pendiente. El simulador está conectado mediante una manguera de 3/4”, a una bomba de agua con motor a explosión y desde la cual se conecta con una manguera rígida de 1”, a un tanque de agua con una capacidad de 1000 l. El tanque está montado sobre un chasis con barandas que permite transportar fácilmente el resto del equipo. El pico del simulador puede estar ubicado de 2 a 4 m de altura sobre la superficie del suelo y nivelado verticalmente. A medida que aumenta la altura, aumenta el diámetro de mojado y disminuye la intensidad de precipitación. Para el presente estudio el pico de aspersion se ubicó en una posición fija, a 3,4 m sobre el nivel del suelo. La intensidad de precipitación tiene relación directa con la presión medida por el manómetro del simulador, es decir que ajustando un valor de presión es lo que determinará la intensidad.

Este método se aplicó sobre 22 plantas de *Chuquiraga erinacea* (Fig. 7). Fue seleccionada dicha especie debido a que el presente trabajo es parte de un proyecto más amplio que contempló primeramente una Tesina de Grado de Ing. en Recursos Naturales y Medio Ambiente donde se realizaron diversos estudios sobre lluvia simulada en *Chuquiraga erinacea*. El objetivo en este punto fue evaluar comparativamente el uso de las dos

metodologías de campo sobre plantas enteras. De esta manera, para lograr determinar la capacidad máxima de retención de agua del dosel de esta especie, la lluvia simulada se aplicó con una intensidad elevada, equivalente a 40 mm.hora^{-1} durante 15 minutos. Si bien puede apreciarse que dicha intensidad no es representativa de un lluvia en condiciones normales de la zona, se priorizó la saturación total de las plantas para la determinación del parámetro de almacenamiento máximo de la especie. Una vez logrado esto, se esperó un tiempo aproximado de 60 segundos hasta que el follaje dejó de gotear. Para evitar la pérdida de agua, cada planta fue recubierta con un nylon atado al pie de la misma y se la cortó por la base con el máximo cuidado, previendo de realizar los mínimos movimientos posibles evitando el desprendimiento del agua, y en caso de que eso sucediera, el agua quedaría contenida dentro del nylon. De esta forma se tomó el peso de la planta más el nylon. Posteriormente se quitó el nylon, se secó al aire y se pesó para restar este valor al peso total y obtener el PM. Finalmente se dejó evaporar el agua retenida por la planta colocándola a la sombra, ya que debido a la estación primavera-verano en que se realizaron los muestreos, la exposición al sol provocaría la deshidratación total de las mismas, y se tomó su PF. Para el pesaje de las plantas, se utilizó la misma balanza granataria descrita en el proceso anterior.





2.4.1.2. Inmersión de plantas

El método se aplicó sobre 23 plantas de *Chuquiraga erinacea* y *Condalia microphylla* y 21 de *Larrea divaricata*. En primer lugar, se procedió al corte de las plantas enteras desde la base para registrar su PF. Posteriormente, cada planta fue introducida en un recipiente con agua hasta saturación, 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, registrados con la balanza granataria descrita anteriormente (Fig. 8).



2.4.2. Método de laboratorio

El proceso de laboratorio se aplicó sobre trozos de plantas extraídas de los ejemplares arbustivos medidos en el campo (Fig. 9), el número de muestras fue de 103, 115 y 113 para *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, respectivamente. Las muestras fueron representativas de toda la planta, constituidas por porciones desde la base del tronco hasta el ápice de las mismas. De esta forma se contó con material leñoso tomado de la base de las plantas, material correspondiente a la zona central de las mismas y material apical con alta proporción de hojas correspondiente al extremo superior de las ramas (Fig. 10). Cada una de estas muestras se las introdujo en bolsas de nylon selladas para evitar la pérdida de humedad propia de la planta y conservar sus condiciones naturales al momento de ser analizarlas en laboratorio.



De cada muestra, luego se las sometió a un mojado total en campo y nuevamente fueron pesadas para la balanza granataria de laboratorio. Se utilizó una balanza granataria de laboratorio con capacidad máxima: 1500 gramos, precisión: 0,01 gramo.





2.5. Análisis estadístico

Se aplicó 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 peso mojado - peso fresco (biomasa aérea verde) de los individuos y determinar el porcentaje de humedad retenida por las plantas en relación a su biomasa. Se realizó análisis de ANCOVA con el objetivo de comparar la validez de los métodos de campo de simulación de lluvia e inmersión de plantas aplicados en *Chuquiragua erinacea* para la determinación de la capacidad máxima de interceptación de agua de la

especie y justificar la elección de uno de los métodos para finalizar el estudio. Se aplicó Prueba T para determinar si existen diferencias significativas entre los datos de retención medidos sobre plantas enteras (campo) y sobre porciones de plantas (laboratorio). Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa InfoStat/Profesional versión 2007 (Universidad Nacional de Córdoba Estadística y Biometría F. C. A., 2007).

3. RESULTADOS

3.1. Densidad, biomasa aérea verde y variables biométricas

La densidad promedio de cada especie resultó en 1111 plantas.ha⁻¹, para *Chuquiraga erinacea* siguiendo en orden decreciente por *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* con 500 y 166 plantas.ha⁻¹ respectivamente. Resultados similares fueron publicados por Adema *et al.* (2003), en el mismo establecimiento determinando los siguientes rangos de densidad: 370 a 1670 plantas.ha⁻¹ para *Chuquiraga erinacea*, 430 a 2030 para *Larrea divaricata* y con promedio de 169 para *Condalia microphylla*.

Respecto a las medidas biométricas que definen la estructura y morfología de las plantas, cada especie estudiada presenta una arquitectura diferente, como así también varían respecto a la biomasa. 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 microphylla* presentó un diámetro medio de 146 cm, 96,1 cm la altura y 6,4 kg de biomasa. La Tabla 1 muestra los valores máximos, mínimos y promedios medidos en ambas variables para cada especie.

Especie	Diámetro			Altura			Biomasa			
	(D) (cm)	(H) (cm)	(B) (kg)	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	
<i>Chuquiraga erinacea</i>		18,5	202	120	26	133,75	85	0,03	8,017	2,86
<i>Larrea divaricata</i>		55,25	287,75	167,3	40,25	207,75	135,4	0,11	14,04	3,98
<i>Condalia microphylla</i>		41,25	248,25	146	20,5	138,5	96,1	0,06	21,09	6,4

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 $B = (-0,18 + 0,01D)^2$ (Fig. 11) con un $R^2 = 87\%$. La Tabla 2 muestra los resultados del análisis de regresión. Los datos de Biomasa debieron ser transformados a raíz cuadrada para lograr mejor ajuste del modelo. La Figura 12 muestra los residuos del análisis que justifican dicha transformación, notándose una distribución más uniforme y homogénea de los residuos con los datos modificados. Para *Larrea divaricata*, el modelo propuesto fue $B = (0,00000273)D^{2,72}$ (Fig 13), $R^2 = 96\%$. En Tabla 3 se muestran los resultados de la regresión. Los datos de ambas variables fueron transformados a logaritmo natural, los gráficos de residuos del modelo

demuestran un mejor ajuste de la regresión (Fig 14). Finalmente, para *Condalia microphylla* el modelo resultante fue $B=(0,00000164)D^{2,99}$ (Fig. 15), $R^2=94\%$. Los resultados del análisis pueden verse en Tabla 4. De igual manera que con *Larrea*, se utilizó para el análisis logaritmo natural de biomasa y diámetro, logrando resultados significativos. Los residuos del modelo demuestran una mejor distribución a partir de la transformación de los datos (Fig. 16).

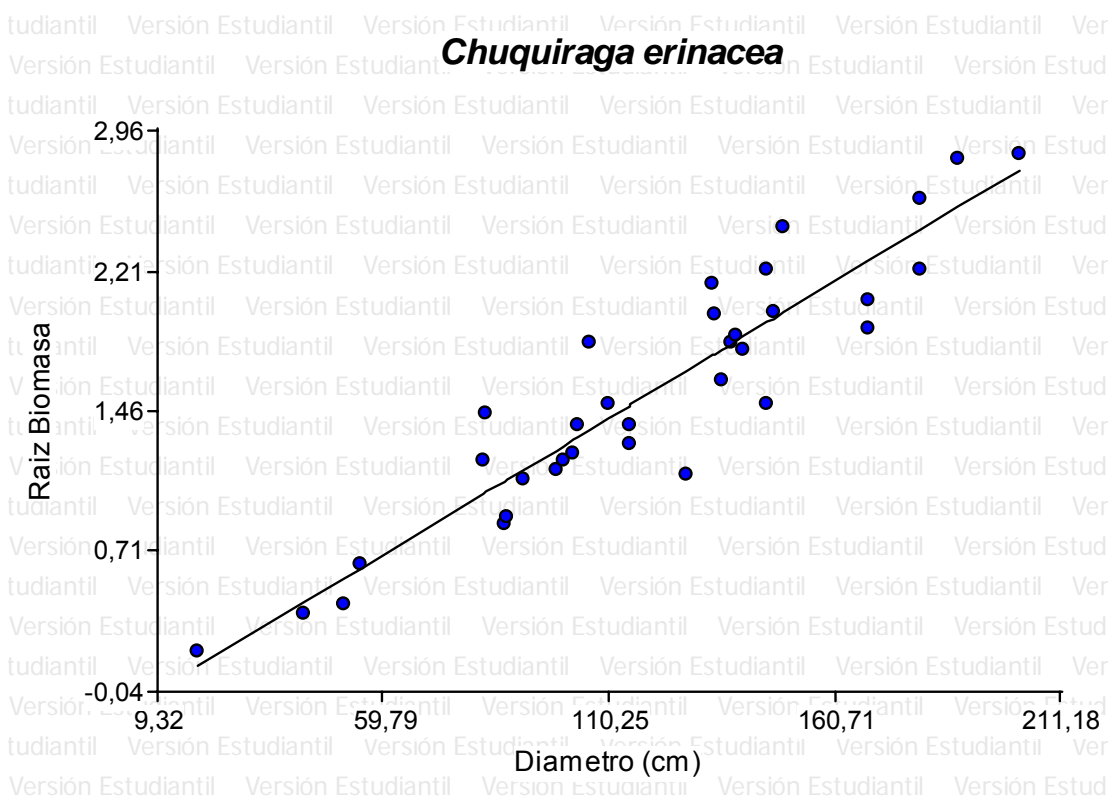


Tabla 2. Resultados del análisis de regresión Biomasa (B) – Diámetro (D) en *Chuquiraga erinacea*

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Raiz Biomasa	34	0,87	0,86	0,07	5,68	10,26

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Const	-0,17	0,13	-0,44	0,09	-1,37	0,1809
Diámetro (cm)	0,01	1,0E-03	0,01	0,02	14,38	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12,75	1	12,75	206,86	<0,0001
Diámetro (cm)	12,75	1	12,75	206,86	<0,0001
Error	1,97	32	0,06		
Total	14,72	33			

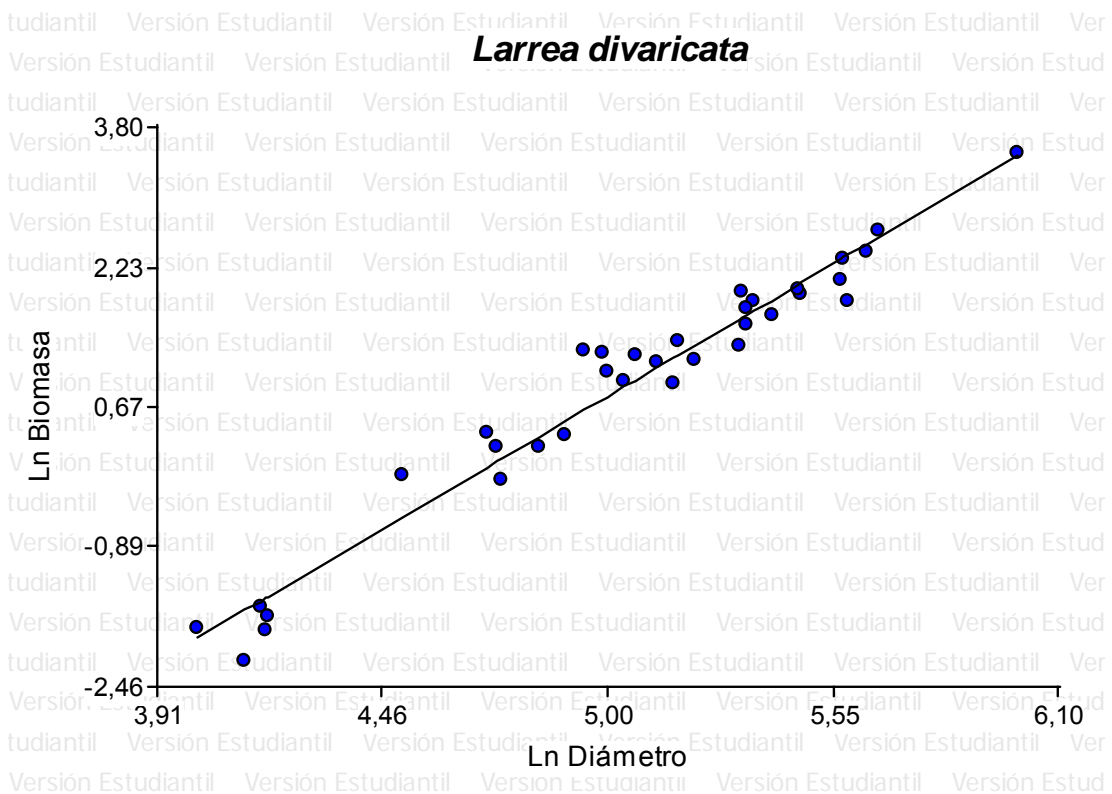
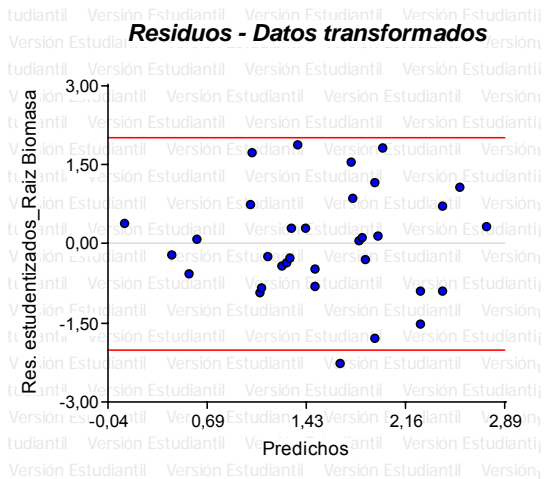


Tabla 3. Resultados del análisis de regresión Biomasa (B) – Diámetro (D) en *Larrea divaricata*

Análisis de regresión lineal

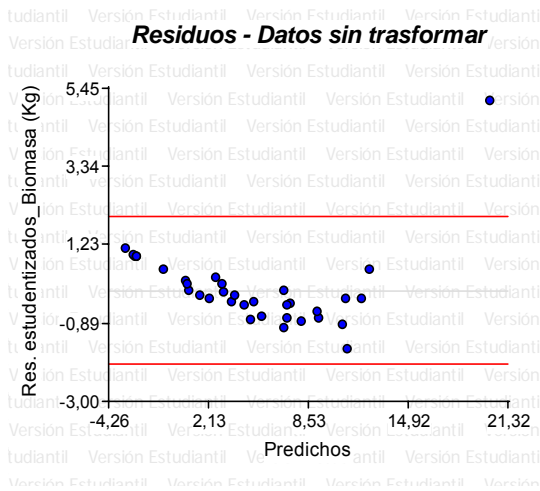
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Ln Biomasa	34	0,96	0,96	0,09	15,05	19,63

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	-12,81	0,50	-13,83	-11,79	-25,54	<0,0001
Ln Diámetro	2,72	0,10	2,52	2,92	27,52	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	61,47	1	61,47	757,25	<0,0001
Ln Diámetro	61,47	1	61,47	757,25	<0,0001
Error	2,60	32	0,08		
Total	64,07	33			



Condalia Microphylla

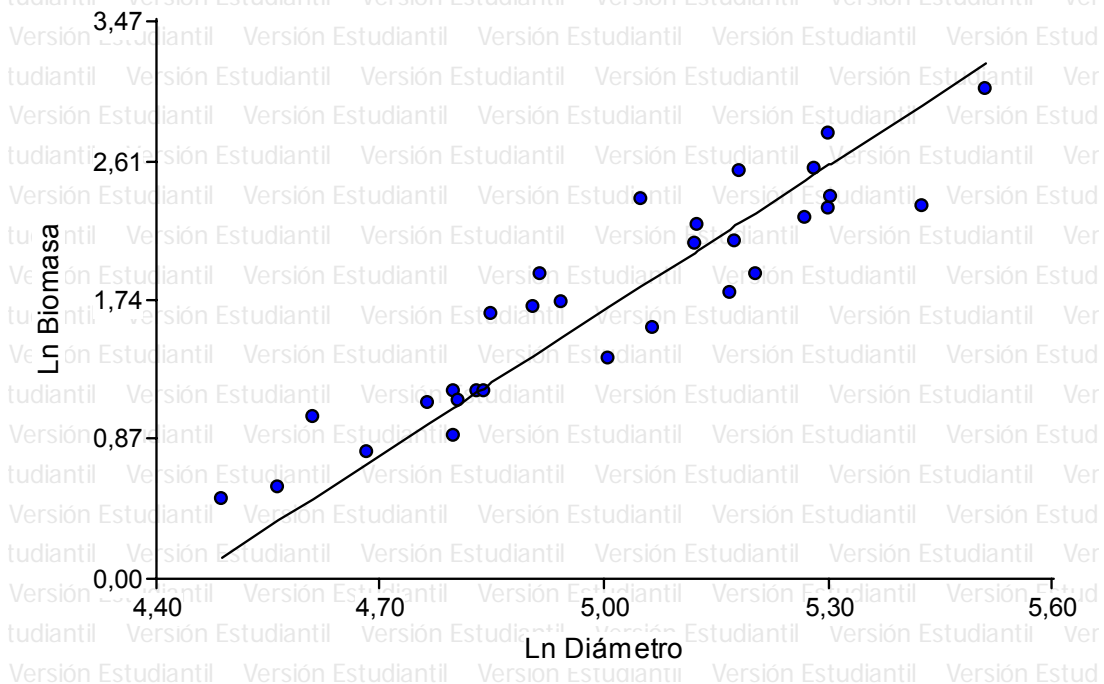


Tabla 4. Resultados del análisis de regresión Biomasa (B) – Diámetro (D) en *Condalia microphylla*

Análisis de regresión lineal

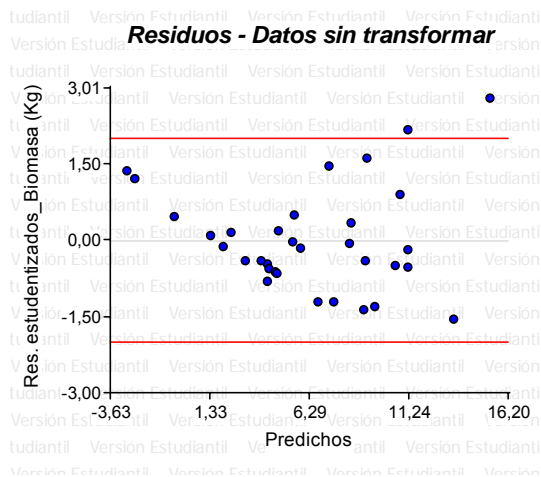
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Ln Biomasa	33	0,94	0,94	0,13	21,89	26,38

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	-13,32	0,67	-14,68	-11,95	-19,85	<0,0001
Ln Diámetro	3,00	0,14	2,72	3,27	22,02	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	48,90	1	48,90	484,72	<0,0001
Ln Diámetro	48,90	1	48,90	484,72	<0,0001
Error	3,13	31	0,10		
Total	52,02	32			



3.2. Intercepción

3.2.1. Capacidad de retención de agua en plantas enteras - Campo

Chuquiraga erinacea fue la especie seleccionada sobre la cual se aplicaron las dos metodologías de campo para determinar la máxima capacidad de retención de agua de la especie: simulación de lluvia e inmersión. En ambos casos se dio una correlación PM – PF altamente significativa siendo las ecuaciones resultantes $PM=0,204+1,23PF$ ($R^2=98\%$) para simulación de lluvia (Fig. 17, Tabla 5) y $PM=0,18+1,3PF$ ($R^2=99\%$) para inmersión de plantas enteras (Fig. 18, Tabla 6).

Chuquiraga erinacea - Simulación de lluvia

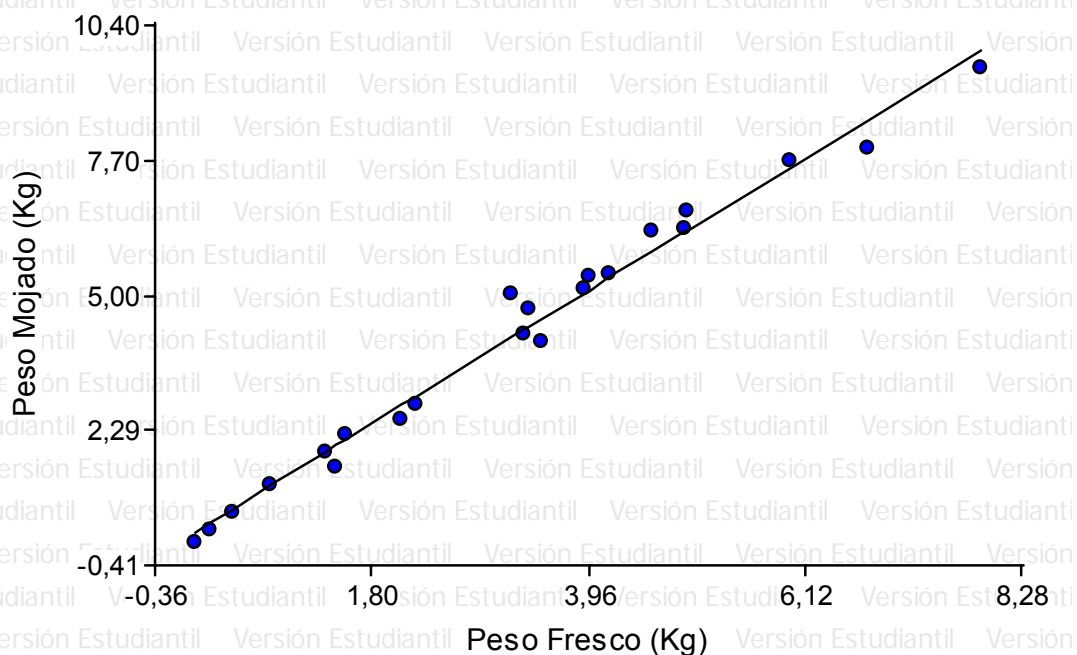


Tabla 5. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Chuquiraga erinacea* por simulación de lluvia.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
PM (Kg) - Simulación	22	0,98	0,98	0,14	19,14	22,41

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	0,20	0,13	-0,07	0,48	1,53	0,1419
PF (Kg) - Simulación	1,23	0,03	1,16	1,30	35,36	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	146,30	1	146,30	1250,08	<0,0001
PF (Kg) - Simulación	146,30	1	146,30	1250,08	<0,0001
Error	2,34	20	0,12		
Total	148,64	21			

Chuquiraga erinacea - Inmersión

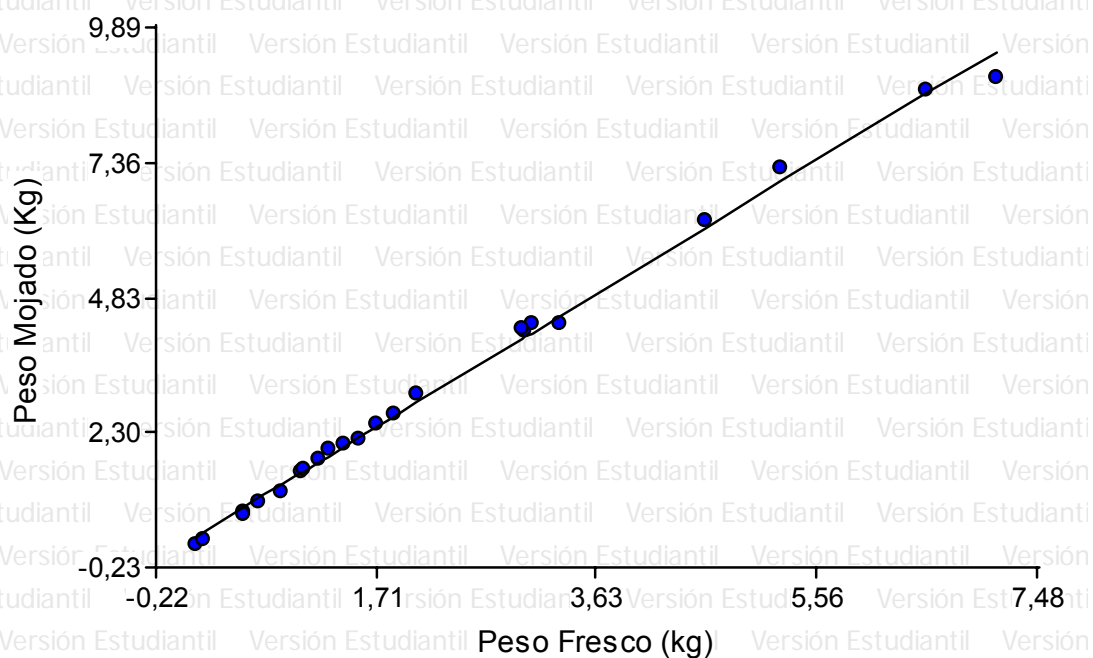


Tabla 6. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Chuquiraga erinacea* por inmersión.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
PM (Kg) - Inmersión	23	1,00	1,00	1,00	0,05	-12,90 -9,50

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	0,18	0,05	0,07	0,29	3,31	0,0033
PF (kg) - Inmersión	1,30	0,02	1,26	1,34	71,18	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	142,82	1	142,82	5066,69	<0,0001
PF (kg) - Inmersión	142,82	1	142,82	5066,69	<0,0001
Error	0,59	21	0,03		
Total	143,41	22			

La capacidad de retención de agua de *Chuquiraga erinacea* medida por simulación de lluvia resultó levemente inferior que los valores obtenidos mediante inmersión de plantas enteras, correspondiendo en cada caso al 30% y 38% del PF, respectivamente para cada técnica. Sin embargo, esta diferencia demostró ser despreciable al momento de analizar estadísticamente las rectas resultantes de la regresión en ambos métodos. La comparación

de pendientes de la regresión en cada caso, analizada a partir del ANCOVA, generó una *regresión total* con todos los datos tomados de manera conjunta sin distinguir entre poblaciones (métodos). A partir del ANCOVA se comprobó igualdad de pendientes entre ambas regresiones, por lo que se determinó una única pendiente ponderada, estadísticamente distinta de cero, y finalmente se confirmó la igualdad de ordenadas al origen (Tabla 7). Con estos resultados se demostró que ambas rectas son paralelas (pendientes iguales) y coincidentes (ordenadas al origen iguales), llegando a una única ecuación para el modelo: $PM=0,207+1,254PF$. La Figura 19 muestra el gráfico resultante del ANCOVA, donde se aprecian las dos rectas de regresión con los datos obtenidos de simulación de lluvia e inmersión. Esto comprueba que ambos métodos se comportan de manera semejante, con iguales resultados.

Tabla 7. Análisis de ANCOVA: comparación de pendientes, significación de la covariable e igualdad de ordenadas al origen.

Comparación de pendientes

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Entre pendientes	0,1985	1	0,1985	2,775	0,1033*
Residual dentro	2,9326	41	0,0715		
Error dentro	3,1312	42			

* $p < 0,01$ pendientes distintas

Significación de la covariable

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Regresión dentro	288,9281	1	288,9281	3875,4821	0,00001**
Error dentro	3,1312	42	0,0745		

** $p < 0,01$ pendiente ponderada distinta de cero

Igualdad de ordenadas al origen

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Entre ord correg	0,2555	1	0,2555	3,4275	0,0712***
Error dentro	3,1312	42	0,0745		
Residual total	3,3867	43			

*** $p < 0,01$ ordenadas al origen distintas

A partir del análisis de ANCOVA, se desprende que la utilización de cualquiera de los métodos aplicados en campo es factible para la determinación de la capacidad máxima de retención de agua por el dosel de los arbustos, optando por aquella que resulte más sencilla de aplicar en cuestiones de tiempo y costos. Teniendo en cuenta esto, se continuó con la técnica de inmersión para completar el estudio con las demás especies por su

facilidad de aplicación y menor tiempo de operación, bajo la hipótesis de que el comportamiento de las diferentes especies es similar.

Con la metodología de inmersión de plantas enteras, aplicada en las tres especies, se obtuvieron resultados satisfactorios, siendo los modelos resultantes en cada caso: $PM=0,18+1,3PF$ ($R^2=99\%$) para *Chuquiraga erinacea* (Fig. 18, Tabla 6), $PM=0,29+1,19PF$ ($R^2=99\%$) para *Larrea divaricata* (Fig. 20, Tabla 8) y $PM=1,32PF^{0,96}$ ($R^2=99\%$) para *Condalia microphylla* (Fig. 21, Tabla 9). Para esta última especie, los datos de ambas variables debieron ser transformados a logaritmo natural (Ln) para un mejor ajuste del modelo, demostrado en el gráfico de residuos arrojado por el modelo (Fig. 22). La capacidad de retención de agua medida por dicha técnica, correspondió al 38%, 26% y 23% del PF para *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* respectivamente. A continuación se muestran los resultados de la regresión para *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*. Los resultados para *Chuquiraga erinacea* fueron presentados en el punto anterior donde se analizan las metodologías de campo: simulación de lluvia e inmersión.

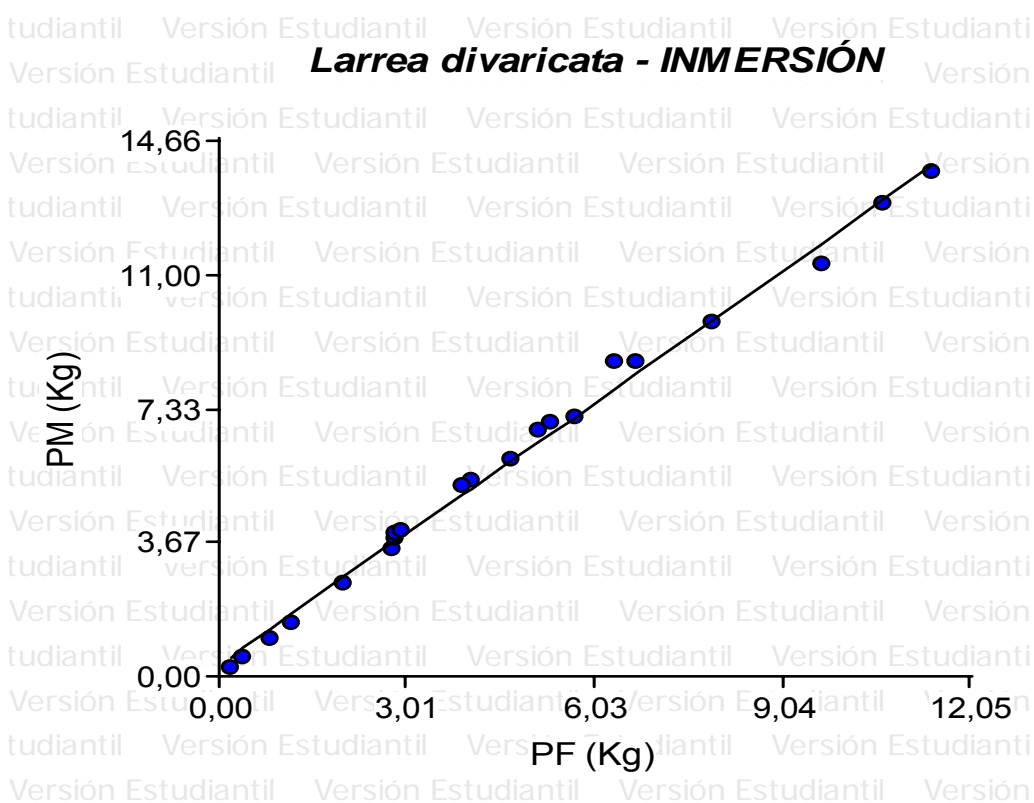


Tabla 8. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Larrea divaricata* por inmersión.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
PM (Kg)	21	0,99	0,99	0,11	11,77	14,91

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	0,29	0,11	0,06	0,53	2,58	0,0183
PF (Kg)	1,19	0,02	1,15	1,23	59,75	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	304,14	1	304,14	3569,91	<0,0001
PF (Kg)	304,14	1	304,14	3569,91	<0,0001
Error	1,62	19	0,09		
Total	305,76	20			

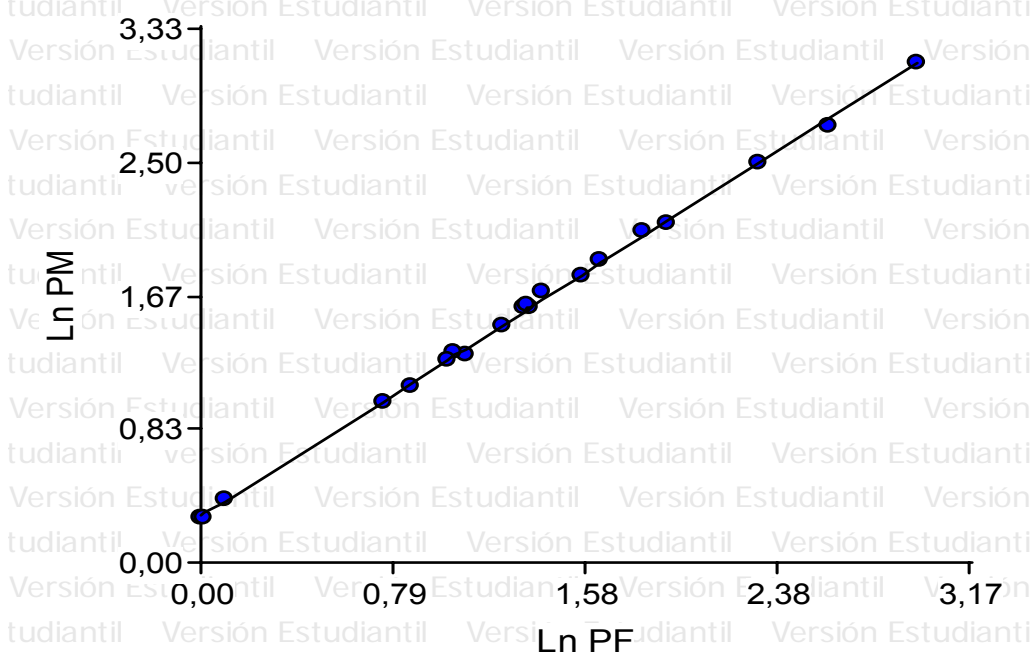
Condalia microphylla - INMERSIÓN

Tabla 9. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Condalia microphylla* por inmersión.

Análisis de regresión lineal

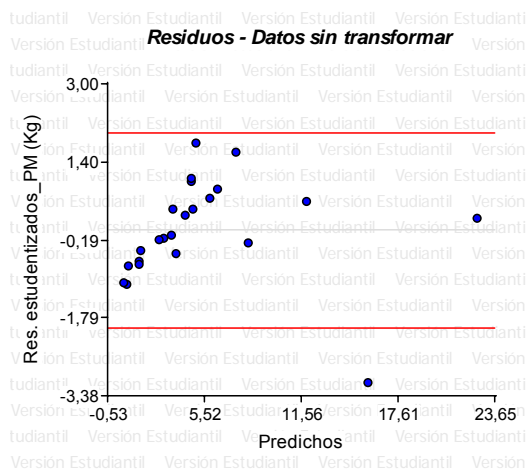
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Ln PM	23	1,00	1,00	1,2E-03-90,37	-86,97	

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	0,29	0,01	0,27	0,30	32,02	<0,0001
Ln PF	0,96	0,01	0,95	0,97	158,90	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24,52	1	24,52	25249,58	<0,0001
Ln PF	24,52	1	24,52	25249,58	<0,0001
Error	0,02	21	9,7E-04		
Total	24,54	22			



3.2.2. Capacidad de retención de agua en porciones de plantas - Laboratorio

Los trozos de plantas fueron extraídos desde la base del tronco hasta el ápice de las mismas. Se obtuvieron porciones desde 14,8 hasta 427,2 g para *Chuquiraga erinacea*, desde 11,1 hasta 102 g para *Larrea divaricata* y desde 8,7 hasta 103 g para *Condalia microphylla*. Se presentó una alta correlación entre las variables PM – PF a partir de la aplicación de dicha técnica. Los modelos determinados en cada caso fueron: $PM=1,92PF^{0,918}$ ($R^2=99\%$) para *Chuquiraga erinacea* (Fig. 23, Tabla 10), $PM=1,72PF^{0,95}$ ($R^2=95\%$) para *Larrea divaricata* (Fig. 25, Tabla 11) y $PM=1,89PF^{0,91}$ ($R^2=96\%$) para *Condalia microphylla* (Fig. 27, Tabla 12). En los tres casos, los datos originales de PM y PF fueron transformados a logaritmo natural ya que mejoraba el ajuste de los datos al modelo lineal, ver gráficos de residuos del modelo con datos transformados y sin transformar (Fig. 24, 26 y 28). La capacidad de retención de agua medida en laboratorio fue equivalente al 31%, 41% y 34% del PF para *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla* respectivamente.

Chuquiraga erinacea - Laboratorio

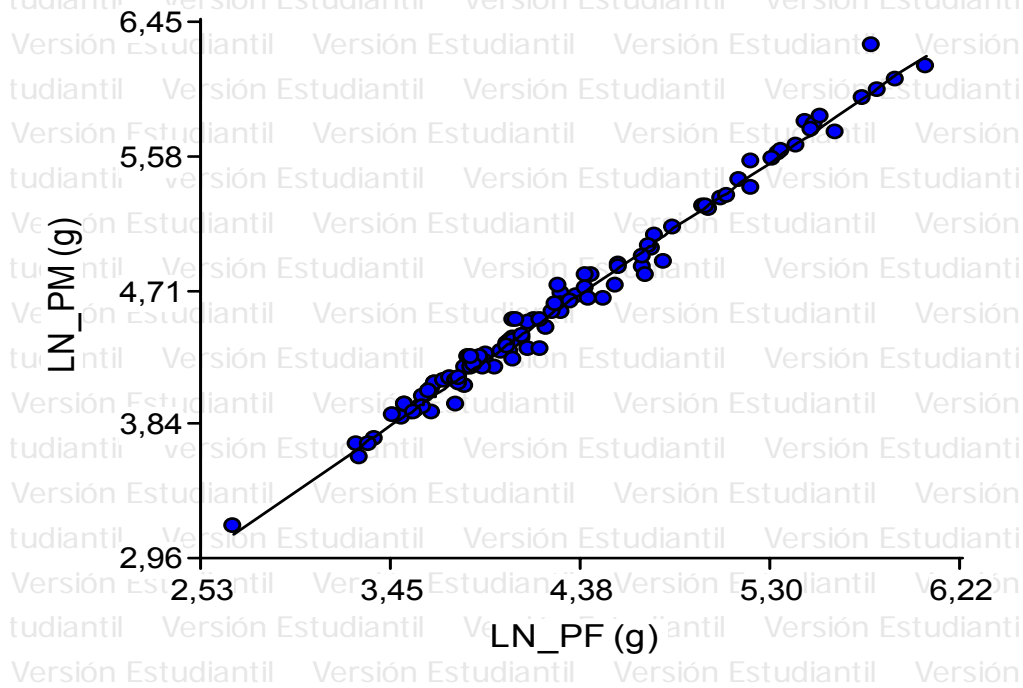


Tabla 10. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Chuquiraga erinacea* sobre porciones de planta en laboratorio.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LN_PM (g) CH	103	0,99	0,99	0,01	-245,93	-238,02

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
const	0,62	0,04	0,53	0,71	13,92	<0,0001
LN_PF (g) CH	0,93	0,01	0,91	0,95	91,24	<0,0001

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43,07	1	43,07	8325,45	<0,0001
LN_PF (g) CH	43,07	1	43,07	8325,45	<0,0001
Error	0,52	101	0,01		
Total	43,60	102			

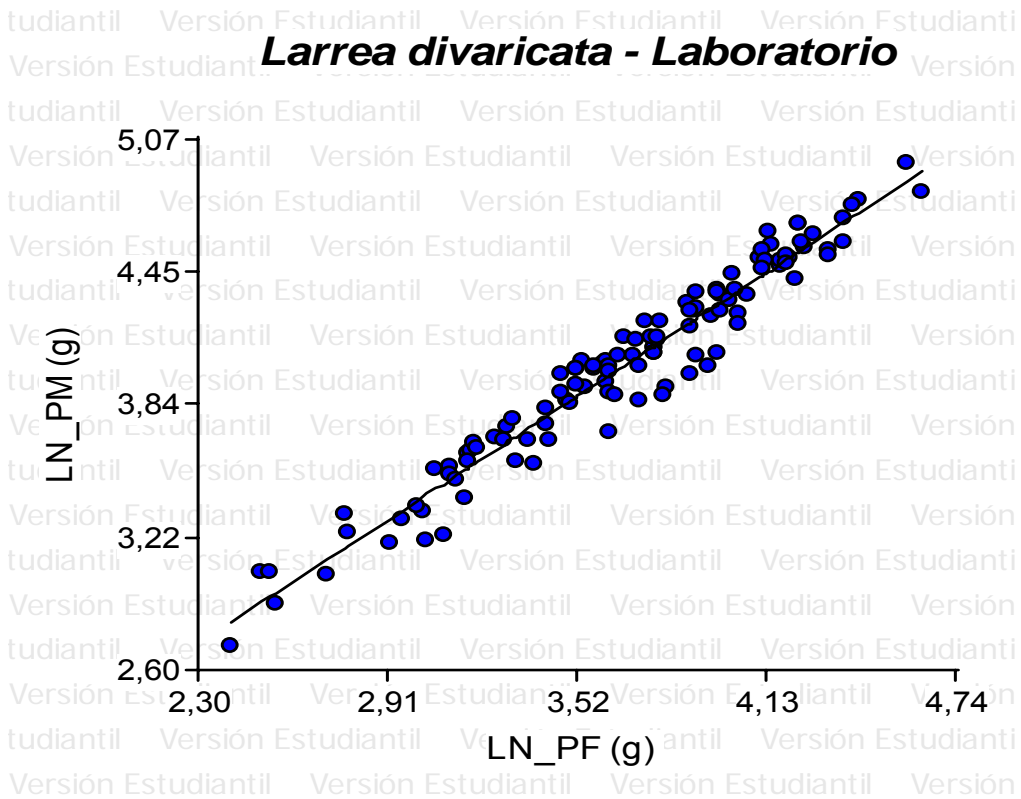
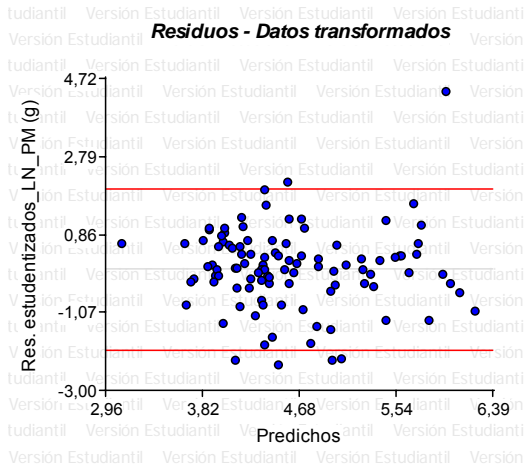


Tabla 11. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Larrea divaricata* sobre porciones de planta en laboratorio.

Análisis de regresión lineal

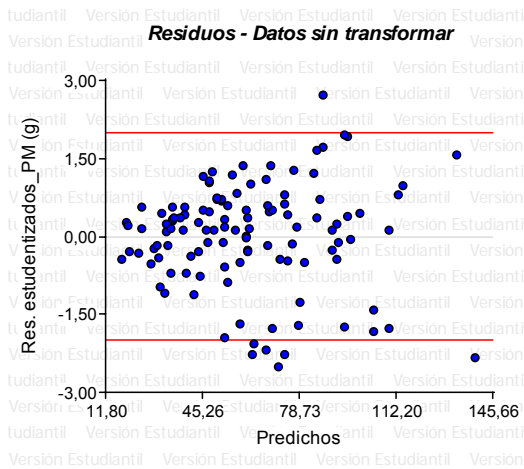
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LN_PM (g) Ldi	115	0,95	0,95	0,01	-187,67	-179,43

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const		0,54	0,08	0,39	0,69	7,05	<0,0001	
LN_PF (g) Ldi		0,95	0,02	0,91	0,99	46,00	<0,0001	2098,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23,40	1	23,40	2115,58	<0,0001
LN_PF (g) Ldi	23,40	1	23,40	2115,58	<0,0001
Error	1,25	113	0,01		
Total	24,65	114			



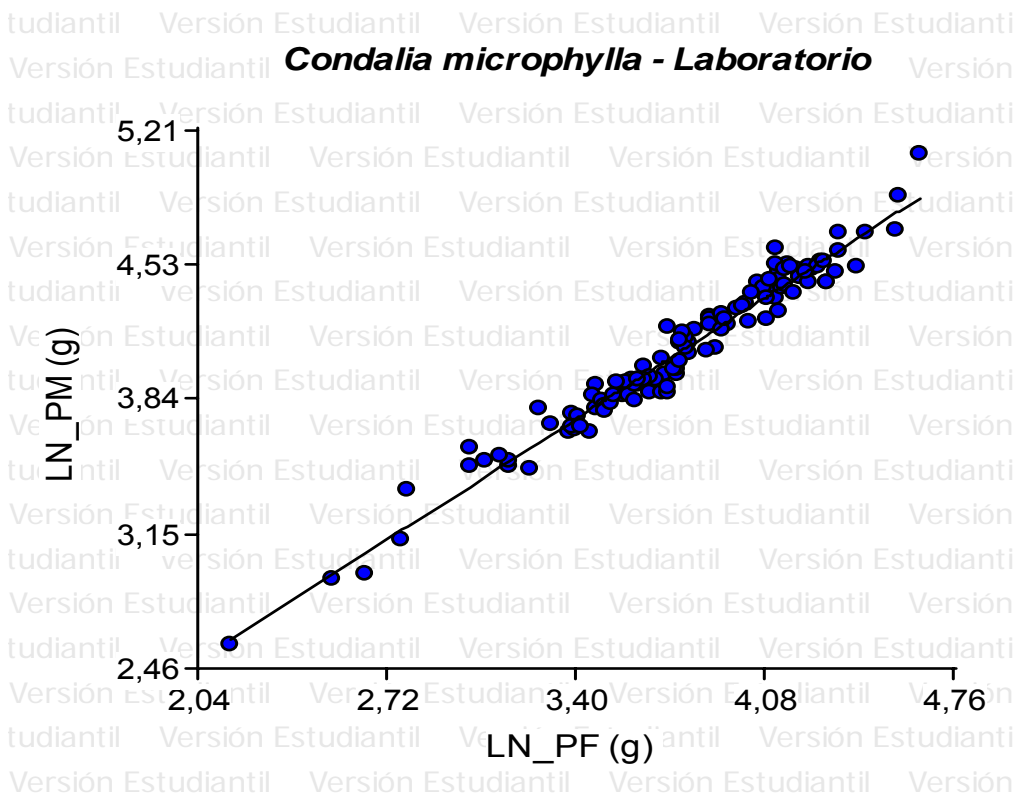


Tabla 12. Resultados del análisis de regresión Peso Fresco (PF) – Peso Mojado (PM) en *Condalia microphylla* sobre porciones de planta en laboratorio.

Análisis de regresión lineal

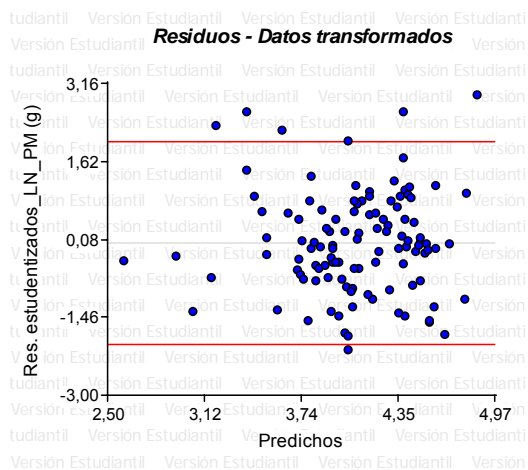
Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LN_PM (g) Cmi	113	0,96	0,96	0,01	-245,93	-237,74

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	Cp	Mallows	VIF
const	0,64	0,06	0,51	0,77	9,90	<0,0001			
LN_PF (g) Cmi	0,91	0,02	0,88	0,94	53,36	<0,0001	2822,56		1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18,26	1	18,26	2846,98	<0,0001
LN_PF (g) Cmi	18,26	1	18,26	2846,98	<0,0001
Error	0,71	111	0,01		
Total	18,97	112			



Estos resultados difieren de los obtenidos mediante inmersión en campo. Para *Chuquiraga erinacea*, la máxima retención de agua medida en laboratorio fue de un 7% menos respecto a lo medido por inmersión. Mientras que para *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, los porcentajes de retención aumentaron en 15% y 11% respectivamente en laboratorio (Tabla 13). Si bien las regresiones en los datos de laboratorio resultaron satisfactorias, mediante la Prueba T estadística, se comprobaron diferencias significativas entre los resultados de campo sobre plantas enteras (inmersión) y laboratorio sobre porciones de plantas, en las tres especies ($p < 0,01$) (Tabla 14).

Especie	% de Retención de agua en función de la biomasa	
	CAMPO Plantas enteras (inmersión)	LABORATORIO Porciones de plantas
<i>Chuquiraga erinacea</i>	38	31
<i>Larrea divaricata</i>	26	41
<i>Condalia microphylla</i>	23	34

Especie	Variable	n (campo)	n (lab)	media (campo)	media (lab)	T	p -valor
<i>Chuquiraga erinacea</i>	Dif PM - PF	23	103	855,48	30,65	6,51	0,0001
<i>Larrea divaricata</i>	Dif PM - PF	21	115	1190,33	17,81	7,77	0,0001
<i>Condalia microphylla</i>	Dif PM - PF	23	103	1028,65	16,21	6,28	0,0001

Las muestras de cada especie (correspondientes al tallo, parte media y follaje) donde se midió retención máxima de agua en laboratorio fueron trabajadas sin tener en cuenta la ubicación de cada porción en la planta. Probablemente el proceso de intercepción se comporta de manera diferente en cada especie y sobre plantas enteras, ya que la forma y arquitectura original de las mismas no se corresponde con las fracciones evaluadas y esto genera un efecto de intercepción distinto. Existe una relación entre el follaje y el tallo en el proceso de partición de lluvia y los flujos que intervienen. La copa de los arbustos es el primer contacto entre la lluvia y la planta, cuando la misma supera la capacidad de retención de agua en una lluvia, el agua comienza a escurrir por las ramas hacia la base del tallo hasta llegar al suelo. La habilidad para conducir escorrentía cortical está relacionada con propiedades de las ramas (ángulo, diámetro y longitud), con el área basal del tallo y con la rugosidad de ramas y tallo. Existe un límite a partir del cual el sistema no es capaz de drenar más agua vía escorrentía cortical y colapsa, dirigiendo el excedente de agua hacia goteo como translocación. De esta manera, la ocurrencia de cada flujo se comporta de forma sistemática secuencial dependiendo de las características estructurales de cada especie. Por ende, la proporción de agua retenida en cada fracción de la planta no resulta un dato representativo del arbusto como un todo, teniendo en cuenta la morfología y características externas de cada especie.

3.3. Efecto de intercepción a nivel regional

Finalmente, con los resultados obtenidos de los variables y procesos analizados se llegó a una estimación de la cantidad promedio de agua retenida expresada en litros por hectárea en un año ($l \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$), a partir de los datos de densidad, biomasa y retención máxima de cada especie. Debido a que no se tiene el dato de precipitación a la cual las especies estudiadas llegan a su capacidad máxima de retención de agua, según la bibliografía se consideró una precipitación de 3 mm (Belmonte Serrato, 2001) como suficiente para alcanzar el nivel máximo de almacenaje de agua por el dosel de las especies y relacionar este parámetro con las variables mencionadas. Para ello, primeramente se realizó un análisis de datos meteorológicos provenientes de la Estación Agrometeorológica del Campo Anexo del INTA en Chacharramendi, a partir del registro de lluvias diarias para el

período 1992 – 2013 donde se cuantificaron todas las lluvias mayores o iguales a 3 mm (Fig. 28), alcanzando un promedio de 34 eventos anuales.

El dato de lluvias promedio ≥ 3 mm se utilizó, junto con los demás parámetros analizados, para calcular la retención de agua a mayor escala ($l \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$). Dicho valor se obtuvo a partir del producto entre la retención de agua respecto de la biomasa (en litros, teniendo en cuenta la equivalencia kg – litros para el agua de lluvia), densidad -- ambos parámetros por especie -- y el número promedio de lluvias anuales (ver fórmula).

$$Retención\ de\ agua\ (l \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}) = Retención\ de\ agua\ (l) * Densidad\ (pl \cdot ha^{-1}) * N^{\circ}\ de\ pp\ \geq\ 3\ mm$$

Cada parámetro utilizado en la fórmula está detallado en la Tabla 15. En la misma se muestran los resultados finales de los parámetros asociados al proceso de interceptación y los totales anuales de retención máxima de agua calculados a nivel de hectárea para cada especie.

Especie	Biomasa	Retención	Retención	Densidad	N° promedio	Retención
---------	---------	-----------	-----------	----------	-------------	-----------

	aérea verde promedio por planta (kg)	de agua respecto de la biomasa por planta (%)	de agua respecto de la biomasa (kg - l)	(pl.ha ⁻¹)	anual de lluvias ≥ 3mm	de agua (l.ha ⁻¹ .año ⁻¹)
<i>Chuquiraga erinacea</i>	2,86	38	1,08	1111	34	40796
<i>Larrea divaricata</i>	4,6	26	1,196	500		20332
<i>Condalia microphylla</i>	4,4	23	1,016	166		5734,3
TOTAL						

A partir de la fórmula establecida, considerando las tres especies en estudio, se calculó un valor total de intercepción de agua de 66862,3 l.ha⁻¹.año⁻¹. Para tener una noción del efecto que genera la intercepción de lluvia por arbustos en estos ambientes, 66862,3 l.ha⁻¹.año⁻¹ equivalen a 6,7 mm de agua que no llega al suelo, y se pierde a la atmósfera por evaporación. Teniendo en cuenta que este resultado corresponde solo a las tres especies aquí estudiadas, es probable que el efecto de intercepción sea mucho más significativo si consideramos las numerosas especies que conforman las densas comunidades arbustivas de la región y su área de distribución (INTA *et al.*, 1980; Cano *et al.*, 1988; Dussart *et al.*, 2011; Vázquez *et al.*, 2013).

Los porcentajes de retención individual de cada especie a nivel de hectárea dependen, en gran medida, de la densidad que presenta cada una. De esta manera, *Chuquiraga erinacea* resultó ser la población de individuos que tiene un efecto más significativo sobre la dinámica hídrica del sitio ya que es la especie con mayor densidad y además, por sus características morfológicas, es la especie que mayor cantidad de agua almacena en la copa.

Asimismo, se puede asumir que en condiciones naturales, cuando ocurren eventos de precipitación que no superan el valor de referencia, el agua recibida debajo de la cubierta arbustiva es muy escasa, situación que ocurre con frecuencia en la región.

4. DISCUSIÓN

Bajo condiciones áridas – semiáridas, la biomasa es uno 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 escorrentías y tasas de erosión del suelo (Adema *et al.*, 2003; Belmonte Serrato y López-Bermúdez, 2003). Para evaluar estos procesos, y cómo influyen las cubiertas vegetales en este tipo de ambientes, es fundamental contar con herramientas metodológicas de estimación de la biomasa de especies leñosas, muy abundantes en estos sitios. 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). Este estudio provee funciones lineales de predicción de biomasa aérea verde a partir de técnicas sencillas de medición de diámetros y alturas de *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, tres especies representativas de la región del Caldenal – Monte Occidental. El diámetro medio de copa de cada ejemplar fue la variable independiente que presentó el mejor ajuste para la predicción de la biomasa en las tres especies. Estos resultados coinciden con Iglesias y 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 and Kanninen, 2005). 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 la mejor predictora 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 intercepción en el ciclo hidrológico de las comunidades vegetales dominantes en ambientes áridos.

Entre los numerosos métodos que existen para determinar la capacidad de retención máxima de agua en especies vegetales, en este estudio fueron utilizadas dos metodologías a campo y además se aplicó una tercera técnica en laboratorio. En campo, simulación de lluvia e inmersión de plantas enteras, fueron aplicadas sobre ejemplares de *Chuquiraga erinacea*. De la misma forma, García-Estringana *et al.*, (2010) utilizaron métodos

muy similares a los usados en este estudio para evaluar la capacidad de retención de agua en arbustos de la región mediterránea, España. Algunos autores sostienen que la capacidad de retención de arbustos medida por inmersión es generalmente inferior que los valores obtenidos en experimentos con simulación de lluvia (Monson *et al.*, 1992; Wohlfahrt *et al.*, 2006; Garcia-Estringana *et al.*, 2010), debido a que no se tienen en cuenta las características anatómicas y estructurales de los arbustos asociadas a la formación de gotas congruentes, las cuales no ocurren cuando las plantas son inmersas en agua. Otros autores sostienen que el método de simulación de lluvia es más frecuentemente usado ya que es más efectivo en el control de la humedad y generalmente imita mejor los procesos de precipitación natural (Keim *et al.*, 2006; Garcia-Estringana *et al.*, 2010). Sin embargo, podría esperarse que resultados provenientes de la técnica de simulación de lluvia aplicada en campo, sobre plantas en estado natural, sean inferiores respecto a los valores medidos por inmersión debido al posible efecto de determinadas variables climáticas como el viento que no pueden ser controladas, y su mínima acción podría ocasionar la caída de gotas de agua desde la planta a la superficie que no son registradas. Los resultados de este trabajo demostraron que ambas metodologías presentan el mismo comportamiento, ya que no se detectaron diferencias significativas entre resultados, lo cual resultó un dato sumamente válido que justificó la aplicación de la técnica de inmersión para completar el estudio con las demás especies.

Respecto al uso del simulador, la lluvia se aplicó con una intensidad equivalente a 40 mm.hora^{-1} durante 15 minutos. Se utilizó dicha intensidad con el objetivo de saturar completamente el dosel de las especies estudiadas en el tiempo estipulado y así determinar la máxima capacidad de retención de agua de las plantas. El mismo instrumento fue utilizado por Adema *et al.* (2003) para evaluar la erosión hídrica en dos suelos de la región del Caldenal, con una intensidad de precipitación de $56,6 \text{ mm.hora}^{-1}$ durante 30 minutos. Belmonte Serrato (2001), en un estudio de características metodológicas semejantes a este estudio utilizó un simulador de lluvia con intensidad de 60 mm.hora^{-1} para medir el balance hídrico de intercepción en dos arbustos del matorral mediterráneo semiárido en el sureste de España. Por otro lado, García-Estringana *et al.* (2010), en condiciones controladas de humedad, temperatura y ausencia de viento utilizaron un simulador de lluvia con una intensidad de 13 mm.hora^{-1} para determinar la capacidad de retención de agua de arbustos del mediterráneo, tomando dicha intensidad como suficiente para saturar el dosel de las especies estudiadas en corto tiempo y producir escorrentía cortical en los primeros 10 minutos. Estas referencias bibliográficas sustentan la metodología propuesta.

La intercepción medida en laboratorio sobre fracciones de plantas en cada especie, no resultó un aporte metodológicamente aceptable en este estudio, ya que demostró diferencias significativas respecto a los resultados de intercepción medida sobre plantas

enteras por inmersión. Sobre la base de la experiencia realizada, se consideró a las plantas como individuos que se comportan como una unidad y no fraccionada. Asimismo, no se reportan antecedentes experimentales que sirvan como base para discutir la validez del método. Las plantas arbustivas en zonas áridas y semiáridas, adquieren ciertas características morfológicas que les permite adaptarse y sobrevivir en condiciones climáticas extremas. Estas estructuras funcionan como un sistema capaz de retener y almacenar la mayor cantidad posible de agua de lluvia, con el objetivo de utilizar lo necesario para la permanencia y una proporción importante almacenarla como reserva para soportar largos períodos sin precipitación. Es así como existe una relación entre las distintas partes que componen la planta (hojas, ramas, tallos), donde cada sección cumple una función específica en el proceso de retención y almacenamiento de agua durante una lluvia. A raíz de ello, se considera que la intercepción de agua medida en porciones de plantas por separado no resulta un dato representativo del efecto real de los arbustos sobre el ciclo hidrológico de un ambiente determinado.

El mayor porcentaje de retención 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, de forma tal que permiten una mayor acumulación de agua entre ellas y por ende una mayor intercepción. 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 and Gwynne, 1962; Slatyer, 1965; Pressland, 1973 y Kovda *et al.*, 1979)

Bajo condiciones áridas y semiáridas, el agua se presenta como el factor limitante que más peso tiene para el desarrollo y crecimiento de la vegetación. La vegetación cumple un rol esencial en la protección y conservación del suelo, generando un aumento de la pedogénesis, una disminución de la erosión y una mayor conservación del agua en el suelo (Puigdefábregas, 1996). En estos ambientes, la conservación del agua y el suelo debe analizarse conjuntamente, debido a que el estado del suelo y la vegetación que lo sustenta, dependen de la dinámica del agua y el balance entre almacenamiento temporario para su posterior uso para los organismos, así como los flujos por drenajes, escurrimiento y evaporación (Adema *et al.*, 2003).

La actividad principal en la mayoría de los ecosistemas áridos – semiáridos del mundo es la ganadería. El manejo planificado del pastoreo debe asegurar una adecuada

cobertura, la productividad de las pasturas de calidad forrajera y limitar el aumento de especies leñosas. Dentro de estas características ambientales y productivas se encuentran los ecosistemas del Caldenal – Monte Occidental. Sin embargo, estas áreas muestran evidentes signos de degradación debido al sobrepastoreo, incendios y extracción de recursos primarios que han provocado cambios significativos en la cobertura y estructura de la vegetación así como en la productividad del sistema (Adema, 2006). La reintroducción del ganado vacuno a partir de 1940, particularmente en el área del caldenal, ha llevado el paisaje original del bosque de caldén a formaciones cerradas tipo “fachinal” de renovales de *Prosopis* sp. (Dussart *et al.*, 2011). Un efecto similar de arbustización ha provocado el sobrepastoreo, producto de un incremento fuerte de la carga animal a partir del año 1977, sobre las áreas dominadas por *Larrea* sp, *Condalia microphylla* y *Prosopis caldenia* correspondientes al Monte Occidental, según un análisis temporal de imágenes satelitales detectando incrementos en los niveles de NDVI para estos sitios (Vasquez *et al.*, 2013).

Estos desequilibrios provocados en la vegetación derivan en una dominancia de arbustos por una fuerte presión competitiva con las gramíneas por agua, nutrientes y luz en favor de las leñosas aumentando, en consecuencia, su cobertura y densidad. En este aspecto, es importante reconocer el efecto contrapuesto de la eliminación, en parte, de la cubierta vegetal sobre el ciclo hidrológico (Albaladejo, *et al.*, 1995), teniendo en cuenta que el control o disminución de las mismas favorece el almacenamiento hídrico en el suelo (Sturges, 1993; Troendle and King, 1985). Un sistema de pastoreo en montes densos no puede mejorar la condición del pastizal a menos que sea acompañado por una reducción de cobertura de leñosas (Scifres *et al.*, 1983). Asociado a esto, es necesario promover un equilibrio ecológico-productivo entre la cobertura vegetal y la proporción de suelo expuesto a la entrada de luz y precipitación para favorecer el desarrollo y productividad de las pasturas naturales.

Las densas comunidades arbustivas que dominan la zona del ecotono Caldenal – Monte Occidental ejercen un efecto significativo en el balance hidrológico de la región. Según los resultados obtenidos de tres especies arbustivas con mayor representatividad y abundancia en el área, una importante proporción del agua de lluvia queda retenida por el dosel de estas especies. En el balance, esto significa que una gran cantidad de agua se pierde por evaporación hacia la atmósfera, acentuando las condiciones de aridez. Asumiendo que solo fueron estudiadas tres especies, es de suponer que el efecto es aún de mayor magnitud teniendo en cuenta la densidad y riqueza de especies que conforman los arbustales de la región.

Teniendo en cuenta la escasez de información disponible en la temática de interés en el área de estudio, la experiencia científica realizada se considera como un aporte

metodológico innovador para el estudio de la intercepción de lluvia en especies arbustivas, sustentado sobre experimentos similares realizados en otras regiones del mundo (Domingo *et al.*, 1998; Belmonte Serrato, 2001; Cantú Silva y Gonzáles Rodríguez, 2005; Itzhac *et al.*, 2008; García-Estringana *et al.*, 2010; Xing-ping Wang *et al.*, 2012). 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 en campo de un arbusto promedio de alguna de las especies estudiadas, se puede estimar su biomasa aérea. A su vez, la biomasa corresponde al peso fresco, dato a partir del cual se puede estimar la capacidad máxima de retención del arbusto en cuestión.

5. CONCLUSIÓN

La presencia de arbustos es un factor clave en el estudio de la interceptación de lluvia en áreas semiáridas, limitadas de agua. En este contexto, y teniendo en cuenta condiciones climáticas, el proceso de interceptación depende inevitablemente de la biomasa presente; y su efecto será más o menos significativo en función de características y variables asociadas a la vegetación. La capacidad máxima de almacenamiento de agua del dosel de los arbustos se destaca como parámetro fundamental al momento de analizar la importancia relativa de la interceptación en el ciclo hidrológico de la región.

A partir de mediciones biométricas de los arbustos, como el diámetro de copa y altura, se obtuvieron funciones simples de predicción de biomasa aérea verde en *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*. De las variables medidas en campo, el diámetro medio de copa fue la variable independiente que presentó el mejor ajuste para la predicción de la biomasa en las tres especies. Mientras que la altura media de los individuos no resultó un dato significativo en dicho análisis.

Metodológicamente, las técnicas de simulación de lluvia e inmersión, aplicadas sobre plantas enteras de *Chuquiraga erinacea* para medir la capacidad máxima de retención de agua de la especie, no aportaron diferencias significativas en los resultados. De esta manera, se comprobó la igualdad de ambas metodologías, hecho que fundamenta la utilización de inmersión para evaluar la interceptación en el resto de la especies. Por otro lado, la determinación de la capacidad máxima de retención de agua de las especies medida en laboratorio sobre porciones de plantas no resultó un aporte técnicamente aceptable. El comportamiento de las especies respecto al proceso de interceptación es diferente sobre plantas enteras. La arquitectura y morfología original de los arbustos presenta un patrón de distribución de flujos donde el mismo se ve alterado cuando las plantas son fraccionadas.

Chuquiraga erinacea es la especie que presenta mayor porcentaje de retención de agua con un 38% respecto de la biomasa. Esto se debe a que tiene una importante densidad de hojas que se agrupan y disponen en las ramas de forma tal que permiten una mayor acumulación de agua. Le siguen en orden decreciente, con valores también significativos, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*, con 26 y 23% respectivamente. Otro factor que incide de manera decisiva sobre el proceso de interceptación de lluvia es la densidad de las especies. *Chuquiraga erinacea*, además de las características estructurales de la copa que generan mayor interceptación, la especie presenta una importante densidad de individuos por hectárea lo que intensifica aún más el efecto de interceptación sobre el ciclo hidrológico. En este contexto, resulta interesante pensar el efecto real de interceptación que ejerce la gran densidad de arbustos que forman parte de estos ambientes.

Considerando las tres especies, en la región de estudio una importante fracción de las precipitaciones queda retenida en las copas de los arbustos, que se vuelve a la atmósfera por evaporación. Teniendo en cuenta que las especies estudiadas corresponden solo a una proporción del total de especies arbustivas que integran la vegetación natural del sitio, la intercepción de lluvia por parte de toda la comunidad arbustiva es mucho mayor, ejerciendo un efecto muy significativo sobre la hidrología de la región.

La intercepción de lluvia, analizada aquí a partir de la determinación de la capacidad máxima de retención de agua por el dosel de los arbustos, es un proceso que afecta directamente otros procesos hidrológicos como infiltración, evaporación, generación de escorrentías. Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los ambientes áridos - semiáridos, donde la productividad de los mismos depende fuertemente de la limitante hídrica, el conocimiento de la dinámica de la vegetación asociado a estos procesos hidrológicos es fundamental para el desarrollo de pautas de manejo que apunten a contrarrestar los efectos negativos que derivan de las condiciones de aridez y de un intenso proceso de arbustización que se viene produciendo desde hace varios años. Para ello, es necesaria la construcción de herramientas científicas para el fortalecimiento de los sistemas productivos de la región en equilibrio con el desarrollo y permanencia de los sistemas naturales.

Entendiendo la intercepción como un proceso donde intervienen variables climáticas como duración e intensidad de lluvia, vientos, factores estacionales, tipo de vegetación presente, es muy complejo estudiar el proceso abordando todos los aspectos que involucra cuando no se tiene información antecedente de base en la investigación. Es más factible comenzar analizando uno o pocos aspectos como punto de inicio para continuar con la complejización de la línea de investigación en la temática de interés. En este contexto, se ha considerado la vegetación leñosa, dominante del área de estudio, como elemento clave en el proceso de intercepción. Se han estudiado variables como densidad, biomasa y estructura de las plantas en cada especie. La capacidad máxima de retención de agua se evaluó desde una perspectiva anatómica de las plantas mediante el uso de diferentes metodologías, optando por el método indirecto de inmersión. Finalmente, los resultados de retención de agua individuales de cada especie se han llevado a valores estimados a mayor escala teniendo en cuenta la distribución geográfica de las especies. Indudablemente, surgen muchos interrogantes que probablemente no puedan ser resueltos en este trabajo. Pero es importante destacar el cumplimiento de un trabajo de investigación en una temática sin antecedentes en el área de incumbencia y los estudios futuros que pueden desprenderse del mismo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Mireles M, Vargas-Hernández A, Velásquez-Martínez A y Echevers-Barra JD. 2002.** Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca. México. *Agrociencia*, 36:725-736.
- Adema EO, Butti L y Berterreix G. 2014.** Manejo integral del Campo Anexo Chacharramendi, INTA (2012-2014). Informe INTA inédito.
- Adema EO. 2006.** Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y en el Monte Occidental. Publ. Técnica N° 65. Ed. INTA Anguil. 52 pp.
- Adema EO, Buschiazzo DE, Babinec FJ, Rucci TE and Gómez Hermida VF. 2004.** Mechanical control of shrubs in the semiarid Argentina and its effects on soil water content and grassland productivity. *ELSEVIER. Agricultural Water Management*. 68: 185-194.
- Adema EO, Babinec FJ, Buschiazzo DE, Martín MJ y Peinemann N. 2003.** Erosión hídrica en los suelos del caldenal. Publ. Técnica N° 53. Ed. INTA Anguil. 34 pp.
- Aguar MR and Sala OE. 1999.** Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 273-277.
- Albaladejo J, Castillo Sánchez V y Martínez Mena M. 1995:** El agua en los sistemas naturales: impacto de la desertificación. En: Agua y futuro en la Región de Murcia. Asamblea Regional de Murcia. Murcia, 445-450.
- Aston AR. 1979.** Rainfall interception by eight small trees. *J. Hydrol.* 42, 383–396. Bouten, W., Swart, P.J.F., de Water, E., 1991. Microwave transmission, a new tool in forest hydrological research. *J. Hydrol.* 124, 199–230.
- Belmonte Serrato F. 2001.** Balance hídrico, distribución de flujos y modelización de la interceptación en dos arbustos semiáridos mediante lluvia simulada. *Papeles de Geografía* 33 (2001), 23-34.
- Belmonte Serrato F y López Bermúdez F. 2003.** Estimación de la biomasa de una especie vegetal mediterránea (*Thymus vulgaris*) a partir de algunos parámetros de medición sencilla. *Ecología*, N° 17. Pp145 – 151.
- Belmonte Serrato F y Romero Díaz A. 1998.** La cubierta vegetal en las regiones áridas y semiáridas: consecuencias de la interceptación de la lluvia en la protección del suelo y los recursos hídricos. *Norba* 10: 9-22.
- Belmonte Serrato F and Romero Díaz A. 1997.** A simple technique for measuring rainfall interception by small shrubs: interception flow collection box. *Hidrological processes* (en prensa).
- Belmonte Serrato F, Romero Díaz A y López Bermúdez E. 1996.** Volumen y variabilidad espacial de la lluvia trascolada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido. *Ecología*, 10, 95-104.

- Cabrera AL. 1976.** Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, fascículo 1. 85 pp.
- Cano E. 1988.** Pastizales naturales de La Pampa. Tomos I: Descripción de las especies mas importantes. Convenio AACREA – Gob. De La Pampa. Buenos Aires. pp. 425.
- Cantú Silva I y González Rodríguez H. 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.
- De Soyza AG, Whitford WG, Martínez-Meza E and Van Zee JW. 2002.** Variation in Creosotebush (*Larrea tridentata*) canopy morphology in relation to habitat, soil fertility and associated annual plant communities. American Midland Naturalist, 137 (1): 13-26.
- Domingo F, Sánchez G, Moro MJ, Brenner AJ and Puigdefábregas J. 1998.** Measurement and modelling of rainfall interception by three semi-arid canopies. Agricultural and Meteorology 91: 275-292.
- Domingo F, Puigdefabregas J, Clark SC, Incoll LD and Lockwood J. 1991.** Plant physiological behaviour in relation to water in a semiarid environment in Southeast Spain. Int. Assoc. Hydrolog. Sci. 204, 335-343.
- Dunkerley DL. 2008.** Intra-storm evaporation as a component of canopy interception loss in dryland shrubs: observations from Fowlers Gap, Australia. Hydrol. Proc. 22, 1985–1995.
- Dussart EG, Chirino CC, Morici EA y Peinetti RH. 2011.** Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. Quebracho Vol.19 (1,2):54-65.
- Fleischbein K, Wilcke W, Goller R, Böhm P, Valarezo C, Zech W and Küchler AW. 2005.** Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. Hydrological Processes, in press.
- García-Estringana P, Alonso-Blázquez N and Alegre J. 2010.** Water storage capacity, stemflow and water funneling in Mediterranean shrubs. J. Hydrol. 389, 363–372.
- García Ortiz EM. 2006.** Efecto de la estructura de la copa en la partición de lluvia de tres especies arbustivas en clima semiárido. Tesis Doctoral. Universidad de Almería. España. 438 p.
- Gash JHC. 1979.** An analytical model of rainfall interception by forest. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 105 (443): 43-55.
- Gash JHC, Lloyd CR and Lachaud G. 1995.** Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. Journal of Hydrology, 170: 79-86.

- Glover J and Gwynne MD. 1962.** Light rainfall and plant survival in East Africa I. Maize. *Journal of Ecology*, 50: 111-118.
- Herwitz SR. 1985.** Interception storage capacities of tropical rainforest canopy trees. *J. Hydrol.* 77, 237–252.
- Hierro JI, Branch L, Villarreal D and Clark K. 2000.** Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *J. Range Manage.*, 53:617-621.
- Iglesias MR y Barchuk AH. 2010.** Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral*, 20:71-79. Comunicación breve.
- INTA, Prov. de La Pampa, UNLPam. 1980.** Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Prov. de La Pampa. 493 pp.
- Itzhac K, Hanoch L and Pariente S. 2008.** Rainfall distribution around shrubs: Eco-geomorphic implications for arid hillslopes. *ScienceDirect. Geomorphology* 95: 544-548
- Jacyszyn B y Pittaluga A. 1977.** Suelos del área de Chacharramendi, provincia de La Pampa. CIRN, Castelar. 42 p.
- Keim RF, Skaugset AE and Weiler M. 2006.** Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. *Adv. Water Resour.* 26, 974–986.
- Kovda, VA, Samoilova, EM, Charley, JL and Skujins, JJ. 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 and Gallart F. 2000.** A simple method for water storage capacity measurement. *J. Hydrol.* 240, 131–144.
- Martínez Fernández J, Cano A, Hernández Santana V y Morán C. 2007.** Evolución de la humedad del suelo bajo diferentes tipos de cubierta vegetal en la Cuenca de Duero. En J. V. Gonzales y F. J. Jiménez Homero (Ed). *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*. Vol VIII: 275-280.
- Mateos Rodríguez AB. 2003.** Intercepción de la lluvia por la encina en espacios adehesados. Univ. Extremadura. Cáceres 152 pp.
- Mauchamp A and Janeau JL. 1993.** Water funnelling by the crown of *Flourensia cernua*, a Chihuahuan Desert shrub. *J. Arid Environ.* 25, 299–306.
- Monson RK, Grant MC, Jaeger CH and Schettle AW. 1992.** Morphological causes for the retention of precipitation in the crown of alpine plants. *Environ. Exp. Bot.* 32, 319–327.

- Nave Marcela R, Pedrani A, Vich A y Mariani A. 1994.** Ajuste del modelo de Horton mediante datos de infiltración obtenidos en el piedemonte mendocino. Manejo Ecológico de Cuencas. INIGEA, CC 330, Mendoza. MULTEQUINA 3: 133-140.
- Pressland AJ. 1973.** Rainfall partitioning by an arid woodland (*Acacia aneura* F. Muell.) in south-western Queensland. Australian Journal of Botany 21:235-245.
- Puigdefábregas J. 1996.** El papel de la vegetación en la conservación del suelo en ambientes semiáridos. En: *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. T. Lasanta Martínez & J.M. García-Ruiz (eds.). Institutos de Estudios Riojanos. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño, 79-87.
- Puigdefábregas J, Aguilera C, Alonso JM, Brenner AJ, Clark SC, Cueto M, Delgado L, Domingo F, Gutiérrez L, Incoll LD, Lazaro R, Nicolau JM, Sánchez G, Sole A and Vidal S. 1996.** The Rambla Honda field site: Interactions of soil and vegetation along a catena in semi-arid SE Spain. In: Brandt, J., Thornes, J.B. (Eds.), *Mediterranean Desertification and Land Use*, Wiley, London, pp 137-168.
- Roberto ZE, Casagrande G y Viglizzo EF. 1994.** Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y variaciones. INTA Centro Regional La Pampa-San Luis. Public. N° 2. 25pp.
- Rutter AJ, Kershaw KA, Robins PC and Morton AJ. 1971.** A predictive model of rainfall interception in forest, I. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine. Agricultural Meteorology, 9: 367-384.
- Scifres CJ, Hamilton WT, Inglis JM and Conner JR. 1983.** Development of integrated brush management systems (IBMS): Decision-making processes. Brush Manage, Symp., Soc. Range. Manage. Albuquerque, N. M. 97-103.
- Segura M and Kanninen M. 2005.** Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. Biotropica, 37(1):2-8.
- Slatyer RO. 1965.** Measurement of precipitation, interception by an arid plant community (*Acacia aneura* F.). Arid Zone Research 25: 181-192.
- Spetch RL. 1957.** IV Soil moisture patterns produced by rainfall interception and stemflow. Australian Journal of Botany 5:137-150.
- Sturges DL. 1993.** Soil-water and vegetation dynamics through 20 years after big sagebrush control. J. Range Manage. 46: 161-169.
- Thornes J. 1994.** Catchment and channel hydrology. En: *Geomorphology of desert environments*. A.D. Abrahams and A.J. Parsons (eds.). Chapman and Hall. London, pp. 257-287.
- Thorntwaite CW and Mather JR. 1955.** The water balance. Climatology VIII (1): Drexel Inst. of Technol., N.J. 104 pp.

- Thurow TL, Blackburn WH, Warren SD and Taylor Jr. CA. 1987.** Rainfall interception by midgrass, shortgrass, and live oak mottes. *J. Range Manage.* 40, 455–460.
- Tromble JM. 1988.** Water interception by two arid shrubs. *Journal of Arid Environments*, 15: 65-70.
- Troendle CA and King RM. 1985.** The effect of timber harvest on the Fool Creek watershed 30 years later. *Water Resour. Res.* 21: 1915-1922.
- Vázquez P, Adema E y Fernández B. 2013.** Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. *Ecología Austral.* 23:77-86.
- West NE and Gifford GF. 1976.** Rainfall interception by cool-desert shrubs. *J. Range Manage.* 29, 171–172.
- Wohlfahrt G, Bianchi K and Cernusca A. 2006.** Leaf and stem maximum water storage capacity of herbaceous plants in a mountain meadow. *J. Hydrol.* 319, 383–390.
- Wood MK, Jones TL and Vexa-Cruz MT. 1998.** Rainfall interception by selected plants in the Chihuahuan Desert. *J. Range Manage.* 51, 91–98.
- Xing-ping Wang, Ya-feng Zhang, Rui Hu, Yang-xia Pan and Ronny Berndtsson. 2012.** Canopy storage capacity of xerophytic shrubs in Northwestern China. *Journal of Hydrology.* 454-455: 152-159.

7. ANEXOS

7.1. Tabla I. Variables biométricas: diámetro medio de copa, altura media y biomasa de *Chuquiraga erinacea*, *Condalia microphylla* y *Larrea divaricata*

<i>Chuquiraga erinacea</i>		
Diámetro (cm)	Altura (cm)	Biomasa (kg)
18,5	26	0,033
42	36,5	0,145
51	47,5	0,182
55	72,75	0,409
82,5	90,75	1,447
83	73	2,104
87,25	88,5	0,748
87,75	92	0,8
91,25	74,75	1,179
98,5	96,5	1,333
100,25	81,25	1,407
102,5	100	1,546
103,25	116,5	1,946
106,25	91,25	3,332
110,5	74	2,244
115	65,75	1,656
115,25	77,75	1,901
127,75	48,25	1,254
133,5	95	4,595
134	90,75	3,922
135,5	81,5	2,646
137,5	77,5	3,366
139	99,25	3,506
140,5	93	3,207
145,75	70,5	2,237
145,75	96,5	4,925
147	113,25	3,968
149,5	133,75	5,966
168,5	61,75	3,614
168,5	105	4,183
179,75	105,75	6,745
180	95	4,941
188,5	114	7,886
202	90	8,017
<i>Larrea divaricata</i>		
Diámetro (cm)	Altura (cm)	Biomasa (kg)
62	40,25	0,114
65,25	65	0,16
55,25	77,5	0,165
65,5	72,25	0,189

64,25	68,5	0,209
124	81	0,415
115,25	76,75	0,871
90,5	97,5	0,908
114,25	111,5	1,251
126,25	107,75	1,252
134,5	97,5	1,445
111,5	108,25	1,453
175	145	2,512
155,5	191	2,623
148,75	135,5	2,914
168	117,5	3,181
184,25	136,25	3,31
159,75	116	3,48
147,25	159	3,576
141,25	197,5	3,65
205,5	162	3,892
177,5	118	4,121
209,25	128,25	4,913
222,25	120	5,435
208,5	180,25	5,847
212,75	188,75	6,374
267,5	177,5	6,408
238,75	187,5	6,856
206,75	193,5	7,007
237,25	130,25	7,361
262,5	203	8,027
264,75	202,75	10,166
280	201,25	11,187
287,75	207,75	14,043

Condalia microphylla

Diámetro (cm)	Altura (cm)	Biomasa (kg)
41,25	20,5	0,062
45,25	31,5	0,103
67,5	60,75	0,505
89	66,75	1,64
96	74,75	1,757
108,25	97	2,186
121,5	73,25	2,434
100,5	75,5	2,745
117,5	95,25	3,003
122,25	77,5	3,033
126,5	114	3,214
125,5	77,5	3,219
121,5	75,75	3,22
149,75	120,25	3,945
159	96	4,795
128	98,25	5,201

135,5	131	5,407
140,5	91	5,573
176,25	96,75	5,95
182,25	92,25	6,656
136,5	90	6,66
168	102,75	8,11
177,5	120,75	8,235
168,75	111	9,11
194,75	127	9,5
201,25	77,5	10,021
228,25	136	10,21
156,5	131,5	10,584
201,75	133,5	10,79
178,5	114,5	12,769
197,5	101,75	12,843
201,25	120,75	15,965
248,25	138,5	21,09

7.2. Tabla II. Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) para *Chuquiraga erinacea* obtenidos en campo a partir de las metodologías de simulación de lluvia e inmersión de plantas.

<i>Chuquiraga erinacea</i>			
Simulación		Inmersión	
PF (Kg)	PM (Kg)	PF (Kg)	PM (Kg)
0,033	0,063	0,132	0,201
0,182	0,316	0,198	0,288
0,409	0,642	0,546	0,824
0,8	1,208	0,549	0,775
1,333	1,861	0,691	1,01
1,447	1,553	0,881	1,2
1,546	2,218	1,062	1,547
2,104	2,507	1,077	1,619
2,244	2,828	1,203	1,778
3,207	5,005	1,295	1,992
3,332	4,209	1,438	2,07
3,366	4,725	1,557	2,166
3,506	4,076	1,722	2,43
3,922	5,129	1,873	2,622
3,968	5,377	2,06	3,028
4,183	5,437	2,992	4,252
4,595	6,258	3,009	4,207
4,925	6,309	3,074	4,353
4,941	6,668	3,323	4,338
5,966	7,663	4,585	6,267
6,745	7,915	5,255	7,262
7,886	9,532	6,527	8,7
		7,134	8,93

7.3. Tabla III. Datos de Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) obtenidos en campo por metodología de inmersión de plantas enteras para *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*.

INTERCEPCIÓN POR INMERSIÓN					
<i>Chuquiraga erinacea</i>	<i>Larrea divaricata</i>	<i>Condalia microphylla</i>			
PF (Kg)	PM (Kg)	PF (Kg)	PM (Kg)	PF (Kg)	PM (Kg)
0,132	0,201	0,837	1,032	19,09	22,592
0,198	0,288	4,694	5,931	0,39	0,505
0,546	0,824	2,816	3,489	4,787	6,017
0,549	0,775	5,72	7,062	4,09	5,455
0,691	1,01	1,2	1,468	9,982	12,06
0,881	1,2	0,184	0,249	2,369	3,016
1,062	1,547	0,403	0,538	13,27	15,14
1,077	1,619	2,031	2,538	1,003	1,319
1,203	1,778	4,072	5,343	1,019	1,324
1,295	1,992	3,913	5,227	3,465	4,403
1,438	2,07	5,167	6,7	0,24	0,336
1,557	2,166	6,71	8,59	0,46	0,67
1,722	2,43	7,946	9,645	1,1	1,485
1,873	2,622	5,334	6,915	2,113	2,712
2,06	3,028	11,485	13,77	3,892	4,923
2,992	4,252	2,849	3,775	3,787	4,932
3,009	4,207	2,829	3,881	6,882	8,256
3,074	4,353	2,942	3,963	2,98	3,66
3,323	4,338	6,382	8,6	6,189	7,861
4,585	6,267	9,7	11,29	2,843	3,703
5,255	7,262	10,695	12,9	3,861	5,031
6,527	8,7			2,781	3,512
7,134	8,93			5,203	6,543

7.4. Tabla IV. Datos de Peso Fresco (PF) y Peso Majado (PM) obtenidos en laboratorio sobre porciones de plantas de *Chuquiraga erinacea*, *Larrea divaricata* y *Condalia microphylla*.

INTERCEPC
IÓN EN
PORCIONE
S DE
PLANTAS -
LABORATO
RIO

<i>Chuquiraga erinacea</i> PF (Kg)	<i>Larrea divaricata</i> PM (Kg)	<i>Condalia microphylla</i> PF (Kg)	PM (Kg)	PF (Kg)	PM (Kg)
67,66	86,72	48,17	74,32	16,44	29,06
64,11	90,52	36,62	56,22	14,02	18,90
34,79	50,15	48,94	71,38	20,41	33,06
73,09	108,38	34,2	56,69	20,47	36,35
84,55	122,1	36,98	51,62	26,29	44,41
45,57	66,58	40,47	57,93	41,15	56,93
62,02	89,62	58,24	77,71	35,73	47,52
78,09	106,62	43,16	60,7	37,42	49,81
60,26	80,75	35,52	55	43,66	62,10
33,31	48,03	23,85	36,71	69,89	90,72
39,62	59,98	22,48	34,59	45,13	61,77
34,16	52,51	24,09	37,26	45,22	58,51
71,48	113,3	33,74	54,69	66,75	89,63
50,52	72,3	49,81	72,73	36,44	47,41
57,7	91,78	36,91	56,92	48,89	71,02
50,63	69,44	27,04	41,68	61,39	81,34
56,6	78,77	75,84	95,41	41,54	52,70
36,09	50,92	41,29	55,05	29,25	39,27
39,04	58,19	53,64	77,32	32,44	50,04
39,12	59,76	31	39,45	41,95	66,84
65,56	91,76	65,17	88,42	62,73	89,20
59,18	80,66	51,96	69,73	62,56	85,09
38,55	49,83	65,12	90,79	36,66	51,25
56,29	77,79	79,92	98,8	64,64	92,12
72,68	100,09	62,84	104,35	32,21	44,35
41,21	60,87	97,25	142,76	31,99	47,48
52,47	67,09	69,12	107,65	43,02	52,63
56,25	73,54	39,34	63,08	48,71	70,20
61,74	75,26	27,39	43,17	43,05	54,31
49,83	67,26	30,57	45,55	8,69	13,23
57,05	73,96	33,65	54,73	51,99	68,23
36,44	52	35,52	55,26	55,44	75,37
72,71	96,2	55,45	85,18	72,96	94,07
57,61	81,21	43,13	60,41	12,47	18,52
46,28	71,24	70,08	96,3	23,51	33,04
34,16	52,68	43,7	62,43	61,55	78,08
26,74	40,83	53,61	71,67	57,89	84,24
45,44	59,68	83,68	121,08	29,80	39,70
58,87	90,92	40,68	62,74	53,77	74,08
82,3	121,12	38,45	58,17	59,20	82,32
48,88	71,95	37,45	55,1	29,64	40,48

46,62	67,14	32,59	47,34	85,22	108,27
42,59	62,4	44,25	68,55	33,10	45,96
14,84	23,64	60,51	91,7	59,45	77,43
37,21	55,25	69,44	98,42	29,74	43,24
32,2	48,77	53,12	79,08	48,73	68,29
38,08	57,46	62,87	98,04	31,60	38,90
316,46	383,09	66,83	91,7	33,27	44,50
210,14	270,38	33,06	46,39	42,80	53,75
238,14	332,72	41,35	47,42	46,19	66,44
427,2	475,09	19,19	27,07	55,84	68,56
250,23	325,14	52,97	77,81	33,46	43,71
145,38	191,39	72,53	102,85	69,53	90,95
211,92	272,51	48,4	53,64	72,17	91,84
29,39	41,89	30,64	42,04	21,65	33,55
43,41	61,22	20,85	24,65	61,57	92,18
47,89	67,75	28,91	39,22	95,56	110,27
256,41	342,93	25,81	39,65	51,09	66,13
184,53	255,31	32,08	49,09	67,12	86,20
327,79	543,14	68,48	83,55	63,11	82,13
81,81	112,66	66,36	93,26	37,23	49,92
76,53	102,98	48,76	67,01	62,34	72,85
173,73	224,67	76,18	93,25	82,52	91,30
275,13	309,93	20,64	27,99	37,51	51,19
112,55	144,14	20,11	28,66	44,45	63,79
126,19	165,65	12,84	18,2	39,17	47,66
245,05	312,81	66,54	89,16	37,29	45,89
115,38	158,11	43,36	59,26	73,39	93,67
96,13	130,31	49,81	58,29	51,09	71,45
202,04	260,38	42,92	63,62	69,37	84,86
27,36	37,44	48,72	71,88	77,33	108,79
108,26	128,2	44,97	49,92	44,38	65,62
150,37	189,02	56,84	70,95	63,71	89,75
111,66	146,56	61,43	95,76	74,48	84,71
65,48	75,57	68,64	107,22	51,56	70,26
95,96	128,18	82,34	118,12	77,48	98,71
70,06	95,3	26,63	39,36	44,59	60,48
28,65	40,68	11,11	15,02	38,53	54,72
43,35	52,08	21,39	34,34	40,88	48,22
89,3	104,77	54,96	75,57	56,56	79,82
109,5	122,66	37,46	40,54	68,62	88,78
36,9	52,02	62,04	90,42	55,11	74,35
229,04	284,35	22,35	33,48	63,45	83,15
147,44	189,86	34,8	50,27	60,15	85,09
373,86	433,01	37,32	49,09	35,80	50,41
158,76	202,08	15,1	21	65,95	80,31
341,33	404,16	22,9	32,4	41,63	47,74
95,36	114,75	21,94	25,25	96,35	131,12
57,47	79,35	42,24	68,21	23,57	33,94

162,92	202,51	38,24	48,35	49,55	60,57
60,49	81,96	32,09	53,27	40,08	51,55
183,88	213,28	56,57	67,74	43,49	56,57
109,1	138,3	43,62	63,68	76,30	88,70
44,58	60,62	51,37	55,55	34,07	45,30
35,4	49,54	61,23	87,22	39,04	51,74
83,55	104,4	43,33	59,06	34,52	47,39
119,35	133,36	102	125,13	74,25	84,66
58,01	70,05	37,57	54,31	64,89	90,85
71,07	101,12	23,69	35,6	103,15	162,25
47,11	71,1	44,63	48,12	38,44	51,03
44,02	62,09	79,82	110,44	59,66	70,25
54,13	74,7	56,2	79,33	62,06	99,80
56,22	76,18	52,87	59,24	37,52	51,02
		49,39	77,79	22,95	34,51
		33,6	50,94	30,27	42,45
		27,66	35,5	47,92	59,28
		24,22	38,97	34,71	50,41
		15,99	27,88	30,43	40,17
		29,38	35,09	41,82	48,99
		18,44	24,22	16,04	22,52
		12,23	21,06	25,53	32,61
		12,58	21,16	43,46	62,82
		24,36	37,78	27,40	40,52
		16,11	25,36		
		23,61	29,97		

2001																																
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ENERO								12		10					5		25							24								
FEBRERO										20																	5	11				
MARZO	1			10						11		11	6		9	1					3	35	4,5	27	1				6			
ABRIL														28			25													17		
MAYO		1									16				5	5	6										1					
JUNIO														11	7,5	1	1															
JULIO															2			0,5	0,5		4	1,5			5							
AGOSTO				22	24	2,5				2																						
SEPTIEMBRE			2				1,5																	15			22		22	8		
OCTUBRE	10	1				24,5								18				4	10							12		10	15		4	
NOVIEMBRE	33					2				21				2									32									
DICIEMBRE																															13	

2002																															
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO							14		5			8							17												
FEBRERO																															
MARZO													10				12		3									1,5			
ABRIL									15	4					5																
MAYO									4					12	2	6	8	2	1	2											
JUNIO																															
JULIO													2		0,5	5		4	1,5				5								
AGOSTO					5	10	10											10										4			
SEPTIEMBRE															16																
OCTUBRE	1								5				4						14	1						18	10	1			
NOVIEMBRE							4								15																
DICIEMBRE				22								21		4			23	15										6	5		

2003

Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO	6						6									12															
FEBRERO																								11							
MARZO																										20			1	1	
ABRIL																												17			
MAYO													8																		
JUNIO																															
JULIO																											3				
AGOSTO	2			20	12									3										1							
SEPTIEMBRE											1															1					
OCTUBRE						0,5									4,5		1,5														
NOVIEMBRE									3	3	24					5															
DICIEMBRE																									19						

2005																															
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO	18																									7	4				
FEBRERO						28,5						21	1,5																		
MARZO																7		5	0,5												
ABRIL																															
MAYO			7												3					3							2,5				
JUNIO											5		6		7	4	7	1										12			
JULIO													13	10																	
AGOSTO													7									12						4	2		
SEPTIEMBRE									4														16								
OCTUBRE		34	8						4														16					5	3		
NOVIEMBRE				4					1			12	10	10																34,3	
DICEMBRE		20,7																												33	

2006																																
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ENERO																																
FEBRERO				10				5																								
MARZO																58																
ABRIL												4																				
MAYO																																
JUNIO							2	0,5																								
JULIO							4	3	4		0,5																					
AGOSTO																																13,4
SEPTIEMBRE										0,8																						
OCTUBRE				5									3,2				19	16								25		1				
NOVIEMBRE													0,8													9						
DICEMBRE	10			7		11								9	15		21		2					6,5		4						

2009																															
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO										25	7																20				
FEBRERO				10											10				5		15										
MARZO	1	11																			15										
ABRIL		12															1														
MAYO											5	30									5										
JUNIO																				2		1									
JULIO										2												2									
AGOSTO																															
SEPTIEMBRE				1		7	20	7								12	10														
OCTUBRE											1								2												
NOVIEMBRE		6																						11	19						
DICEMBRE					15						5				8			32				10	10		5		1				25

2010																															
Meses/ Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO			32				15															10		3				3			
FEBRERO						9						16					10	10			30	3									
MARZO		11						80	11									3		3											
ABRIL																															
MAYO																					10	5									
JUNIO															1	10															
JULIO					9																										
AGOSTO																															
SEPTIEMBRE	15										30														10	40	5			3	
OCTUBRE													2										40				18	20			
NOVIEMBRE																	5	6						13	2						
DICEMBRE															10													6	3		

