Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de la Pampa

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

"ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE LLUVIA INTERCEPTADA POR *Chuquiraga erinacea* EN MONTES NATIVOS DEL SEMIÁRIDO DE LA PAMPA."

Fernando AVECILLA

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2011

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en ésta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el Campo Anexo del INTA Anguil en Chacharramendi, durante el período comprendido entre el 12 de Marzo de 2010 y el 3 de Febrero de 2011, bajo la dirección del MSc Edgardo Adema y bajo la codirección de la MSc Silvia B. Aimar.

Deseo expresar mis agradecimientos al Sr. Edgardo Adema por la dirección del trabajo de tesis, su compromiso y dedicación, y sus invaluables ideas durante la realización del mismo.

Agradezco a la Sra. Silvia Aimar por su predisposición en la elaboración y corrección del escrito, a Mónica Álvarez Redondo por su apoyo, colaboración y gran compañerismo, a Lucas Butti por su ayuda en la parte estadística y por sus críticas constructivas durante el desarrollo del trabajo, y a Guillermo Berterreix por su gran colaboración e ingenio a la hora de solucionar los inconvenientes que se fueron presentando en el transcurso del muestreo.

Agradezco infinitamente a mi familia y especialmente a mis padres por su apoyo durante la realización de mi carrera.

3 de Febrero de 2011

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

ÍNDICE

RESUMEN…….. 1
ABSTRACT…… 2
INTRODUCCIÓN……..... 3
Hipótesis y Objetivos……..... 6
MATERIALES Y MÉTODOS…….. 6
Descripción del área de estudio…….. . 6
Descripción y características de *Chuquiraga erinacea*...…….. 8
Descripción del ensayo …… 9
Simulación de lluvia…….. 9
Selección de individuos…… 10
Metodología…….. 11
MÉTODO DE CAMPO (Mediciones directas)…….. 11
Mediciones alométricas……. 11
Intercepción…….. 12
Lluvia incidente y traslocación……. 12
Escorrentía cortical…….. 14
MÉTODO DE LABORATORIO (Mediciones indirectas)……... 14
Intercepción…….. 14
Análisis estadístico…… 15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN……. 15
Mediciones alométricas……..…… 15
Estimación de la biomasa aérea total……. 17
Estimación del porcentaje de lluvia interceptada……..... 19
Relación Peso seco –Peso húmedo. Datos de campo…… 19
Relación Peso seco –Peso húmedo. Datos de laboratorio…….. 22
Relación entre el agua colectada dentro y fuera del área de influencia del arbusto.. 26
CONCLUSIONES…….. 30
BIBLIOGRAFÍA…… 31

RESUMEN

La intercepción de lluvia por la vegetación nativa es un proceso escasamente estudiado en el Caldenal y el Monte Occidental de Argentina. Una de las especies arbustivas más abundante en el área de transición Caldenal- Monte Occidental es *Chuquiraga erinacea*. Se planteó determinar el agua de lluvia interceptada por la biomasa de *Chuquiraga erinacea*. Para la descripción de la arquitectura de la especie se midió diámetro y altura medias a 33 ejemplares. Las mismas fueron cortadas al ras del suelo y pesadas para determinar biomasa aérea. La intercepción se midió en campo, realizando una simulación de lluvia hasta saturación sobre 22 individuos enteros y se obtuvo la cantidad de agua interceptada por diferencia de peso húmedo y seco, y también a partir de 30 colectores pluviométricos colocados fuera y dentro del área de influencia del arbusto. En laboratorio, se pesaron 103 plantas, que fueron saturadas con agua y se volvieron a pesar. Se utilizaron modelos de regresión y coeficientes de determinación, y se realizó ANOVA. Los resultados mostraron que el diámetro fue la variable que mejor predijo la biomasa total, R^2=0,87. El análisis de regresión lineal para la relación peso húmedo – peso seco fue altamente significativo con porcentajes de explicación del 98 % y 99 % para los datos de campo y laboratorio, respectivamente. Se hallaron diferencias significativas entre lo colectado fuera y dentro del área de influencia del arbusto. La biomasa de *Chuquiraga erinacea* intercepta el 23% de la lluvia.

Palabras Clave: Intercepción de lluvia, Biomasa aérea, Simulación de lluvia.

ABSTRACT

Rainfall interception is a process scarcely studied in the Caldenal and the West Monte of Argentina. In this region, one of the most abundant shrub species is *Chuquiraga erinacea*. The aim of the study was determine the rainfall intercepted by Chuquiraga erinacea shrubs. The architecture of the species was measured using diameter and height of 33 plants. Plants were cut at ground level and weighed to determine biomass. To measure the rain interception, field rain simulations were performed over 22 individual shrubs intercepted rainfall was determined as the difference between wet and dry weight. In the same field simulations rain interception also was measured using 30 rainfall collectors placed inside and outside the catchment area of the shrub. In the laboratory, 103 plants were weighed, then saturated with water and reweighed. Regression models and ANOVA were used to determine relations and differences between variables. Results showed that plant diameter was the best predictor of total biomass, (R^2 = 0.87). The linear regression analysis between the ratio wet and dry weight, was highly significant with a coefficient of determination of 98 % and 99 % for field and laboratory data, respectively. Significant differences were found between rainfall collected inside and outside the catchment area of the shrub. *Chuquiraga erinacea* biomass intercepts 23% of the rain.

Keywords: Rainfall interception, biomass, rainfall simulation.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas semiáridos el agua es un factor limitante para el desarrollo de la comunidad vegetal. El mantenimiento de la humedad del suelo se ve desfavorecido por el desarrollo de la vegetación y la alta evapotranspiración. Por ese motivo la vegetación se contrae, reduciendo su tamaño y adoptando un patrón de distribución espacial disperso, en donde parches de vegetación aparecen rodeados de suelo desnudo o plantas efímeras. Los parches de vegetación forman una unidad funcional con los claros adyacentes, en donde éstos actúan como fuentes de agua y los parches de vegetación como sumideros (García Ortiz, 2006).

La presencia del bosque en una cuenca hidrográfica no significa el aumento de los escurrimientos en el caudal, sino, en muchos casos (en función al tipo de bosque y el clima), su posible disminución como consecuencia de las demandas de agua por las plantas y la intercepción de la lluvia (Silva y González Rodríguez, 2005). La cubierta vegetal ejerce una influencia considerable sobre el balance de agua de los suelos por medio de procesos fundamentales tales como la intercepción de la precipitación incidente y la transpiración (Santa Regina *et al*., 1989).

Durante el proceso de precipitación, una parte del volumen precipitado queda atrapado en las hojas y tallos de la cobertura vegetal, cuanto mas densa sea esta cubierta vegetal, mayor volumen de lluvia será interceptado y el escurrimiento será menor (Prado Farias *et al*., 2007). El volumen interceptado durante un evento de lluvia depende de la estructura de la vegetación además de las características de la precipitación como son la intensidad, duración, dirección, ángulo y tamaño de la gota (Prado Farias *et al*., 2007). En la literatura se registran valores de intercepción por especie arbórea entre 15 y 60 % de la precipitación, estos valores se relacionan con la intensidad y velocidad del viento. Conociendo el potencial de intercepción de una comunidad vegetal dada, se puede valorar su aporte de humedad al microclima (Prado Farias *et al*., 2007, Israel Cantu y Gonzáles Rodríguez, 2002).

Las pérdidas por intercepción son regidas por el número de ciclos de mojado y secado que ocurren en la vegetación, éstos a la vez, generalmente dependerán del número, cantidad, intensidad y espaciamiento de eventos de lluvias (Israel Cantu y Gonzáles Rodríguez, 2002).

Según Belmonte Serrato (2001) en lluvias de intensidad continua o casi continua, la capacidad de almacenaje de la cubierta, más la evaporación producida durante la lluvia,

ocasionan el total de lluvia perdida por interceptación. Sin embargo, en condiciones naturales, las lluvias nunca se presentan con intensidad continua y lo normal es que se dividan en episodios separados por períodos sin lluvia, en los que la capacidad de almacenaje de la cubierta, o parte de ella, se recupera para poder ser ¨cargada¨ en el siguiente episodio con lo que la pérdida final por interceptación vendrá dada por la suma de todas las ¨cargas¨ del almacenaje más la evaporación durante la lluvia. Esto explica la diferencia entre los valores del balance de intercepción obtenido de las simulaciones y los que se obtienen, para esa misma cantidad de lluvia, de las ecuaciones derivadas de episodios reales. Es importante destacar que los estudios con lluvia simulada no pretenden sustituir las investigaciones realizadas con lluvia natural, sino complementarlas (García Ortiz, 2006).

En cuanto a los factores que determinan las pérdidas por intercepción, 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 intercepción están significativamente correlacionadas de forma inversa con la porosidad de la copa y de forma directa con el índice de área foliar.

Por lo tanto es de relevancia conocer la biomasa aérea de las especies leñosas componentes de la comunidad en estudio. Modelos predictivos de biomasa fueron ampliamente desarrollados para especies de ecosistemas mésicos y plantaciones forestales, pero son más escasos para bosques xerofíticos y arbustales de la provincia fitogeográfica del Monte, donde dominan los árboles de porte pequeño y especies arbustivas con estructuras multitallares (Iglesias y Barchuk, 2010). Hierro *et al.* (2000) desarrollaron ecuaciones predictivas donde la biomasa aérea se correlaciona con los parámetros: diámetro de las rama más larga, altura, ancho máximo de la corona, ancho perpendicular al ancho máximo y volumen, y encontraron que en *Larrea divaricata* la variable “diámetro de la rama más larga” fue la que mejor predijo la biomasa de los arbustos.

Por otro lado Iglesias y Barchuk (2010) presentaron modelos de regresión lineal para estimar la biomasa aérea de seis especies leguminosas caducifolias de los bosques del Chaco Árido, realizando combinaciones del diámetro de la base y la altura de los individuos, y obtuvieron que el diámetro de la base fue la variable que presentó el mejor ajuste.

Además, Acosta-Mireles *et al*. (2002) desarrollaron un modelo alométrico para la estimación de la biomasa aérea total en seis especies arbóreas de los bosques mesófilos de

montaña de la Sierra Norte de Oaxaca, México, tomando la variable diámetro a la altura del pecho (DAP) como predictora, y obteniendo altos coeficientes de determinación en las ecuaciones de regresión generadas.

Návar *et al*. (1999), estudiando la comunidad vegetal arbustiva en el noreste de México, observaron que la intercepción estuvo asociada con las variaciones espaciales de los parámetros que describen la estructura de las copas, considerando que la altura total se relacionó negativamente y la biomasa total positivamente con los valores de intercepción e indicando que los arbustos con las mayores alturas y las menores cantidades de biomasa registraron las menores tasas de intercepción.

En la provincia de La Pampa están representadas tres provincias fitogeográficas de las cuales el Espinal y el Monte ocupan aproximadamente dos tercios del territorio (Cabrera, 1994). Distintas formaciones vegetales son componentes de estas provincias, diferenciándose tres estratos dominantes: el arbóreo, con el Caldén como principal componente; el arbustivo, con diferentes especies arbustivas y el pastizal natural.

El límite entre ambas provincias fitogeográficas crea un ecotono donde podemos encontrar formaciones y especies vegetales representativas de cada una. La vegetación presenta la fisonomía de un arbustal perennifolio con árboles aislados y un estrato de gramíneas bajas e intermedias (Cabrera, 1994). De los diferentes tipos fisonómicos de la vegetación presentes en el área de transición Caldenal-Monte Occidental, los arbustales de *Larrea sp., Chuquiraga erinacea, Prosopis alpataco* y la presencia arbórea de *Prosopis flexuosa*, son los más representativos del área (Adema *et al*., 2003).

Este sector centro-occidental del territorio provincial está caracterizado por sus escasas precipitaciones, lo que le confiere características semiáridas-áridas. Esta limitada disponibilidad de agua y los altos valores de evapotranspiración condicionan el tipo de vegetación que se desarrolla en la región, limitando así mismo la producción agrícola y ganadera, base de la economía de la región (Umazano *et al*., 2004).

En las últimas décadas se ha registrado un corrimiento de las isohietas en la dirección NO-SE con un consecuente episodio de mayor pluviosidad lo que debe tenerse muy en cuenta ya que estos cambios pueden resultar especialmente importantes en regiones donde las lluvias limitan la producción, tal es el caso del oeste pampeano (Parry, 1990; Viglizzo *et al*., 1991 y 1995; Viglizzo, 1994). Éste corrimiento ha provocado una intensificación de la actividad ganadera en la región (Roberto *et al*., 2008). Teniendo en cuenta que la producción ganadera extensiva en base a pasturas naturales es la principal

actividad de producción, resulta muy interesante conocer la cantidad de lluvia interceptada por los arbustos que no llega al suelo para la posterior utilización del pastizal.

Debido a su abundancia y distribución en el área de transición Caldenal- Monte occidental se eligió a *Chuquiraga erinacea* como especie de estudio.

La escasez de información sobre valores de intercepción de lluvia en la región árida y semiárida argentina y su incidencia e importancia en el aporte de humedad al suelo justificaron la realización de este trabajo.

Hipótesis: La intercepción de parte de las lluvias por *Chuquiraga erinacea* constituye una pérdida de agua significativa para el suelo, en función de las características de la estructura de la copa y su biomasa.

Objetivos: -Estimar el porcentaje de agua de lluvia interceptada por el dosel de *Chuquiraga erinacea* en función de la estructura y biomasa de la especie.

- Determinar relaciones de predicción biomasa – agua interceptada a partir de la utilización de diferentes metodologías.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Campo Anexo del INTA Anguil, en Chacharramendi, en el sector oeste del Departamento de Utracán, provincia de La Pampa (37º22´ S, 65º46´ W).

El ambiente presenta características semiáridas con precipitaciones medias anuales de 486 mm para el periodo 1961-2009 (Figura 1). La distribución estacional es de 9.23 % en invierno (45.4 mm), 28.45 % en primavera (140 mm), 37.6 % en verano (185 mm) y 24.7 % en otoño (121.6 mm). Las precipitaciones presentan una alta variabilidad anual con distribución estacional primavero-estival (Roberto *et al*., 1994). La evapotranspiración potencial (Thornthwaite) para el periodo 1976-1996 fue de 789 mm y la deficiencia hídrica media anual de aproximadamente 300 mm (Adema *et al*., 2003).

La temperatura media anual es de aproximadamente 15.5 ºC. La media en invierno es de 7.7 ºC (con mínimas absolutas de -14 ºC), 15.4 ºC en primavera, 23.2 ºC en verano (llegando a veces a temperaturas máximas absolutas de 45 ºC) y 14.7 ºC en otoño (INTA *et al.*, 1980).

La velocidad del viento en promedio anual es de 10-11 km/h, teniendo importancia en su acción erosiva desde agosto a diciembre. En la época estival contribuye al aumento de la deficiencia hídrica pues aumenta la evapotranspiración. Las direcciones prevalecientes son N-NE y S-SW aunque también son importantes los vientos de W -NW, respondiendo a la circulación general de la atmósfera (INTA *et al*., 1980).

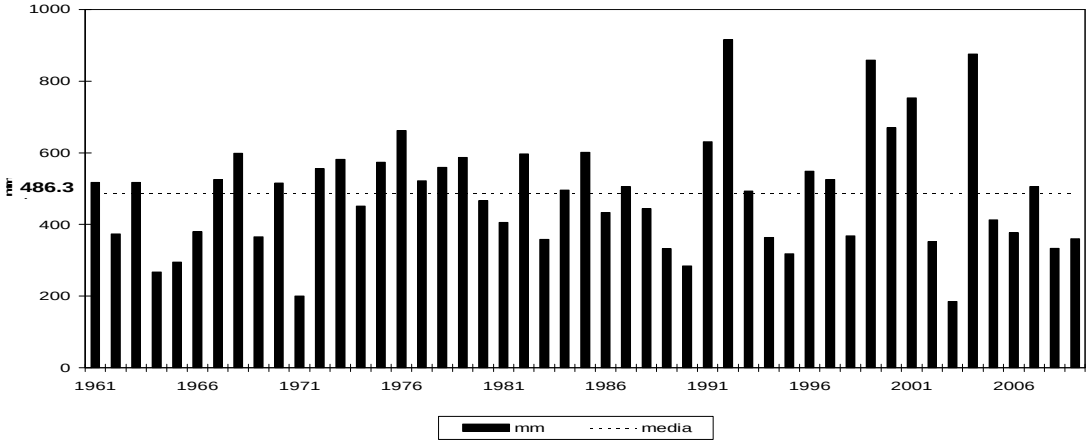

Figura 1. Precipitaciones anuales período 1961-2009. Datos provenientes de la Estación Meteorológica del Campo Anexo Chacharramendi, INTA.

El material original de los suelos está constituido por sedimentos de origen eólico reciente, con carbonato de calcio pulverulento, cenizas volcánicas y gravilla. La baja disponibilidad de agua para las plantas se debe al bajo porcentaje de las fracciones texturales más finas del suelo y al escaso contenido de materia orgánica (Adema *et al*., 2003).

El sitio de estudio se encuentra ubicado en el área de transición entre el Caldenal y el monte occidental. La vegetación presenta una fisonomía de un arbustal abierto perennifolio con ejemplares aislados de *Prosopis flexuosa* (algarrobo), y en algunos casos de *Prosopis caldenia* (caldén), y un estrato de gramíneas bajas e intermedias (INTA *et al*., 1980). En el estrato arbustivo domina *Larrea divaricata* (Jarilla) y *Chuquiraga erinacea* (chilladora) acompañado de *Prosopis alpataco* (alpataco), *Condolia microphylla* (piquillín), *Lycium chilense* (llaollín), renuevos de *Prosopis flexuosa* y *Prosopidastrum globosum* (manca caballo). El número de plantas por ha de las principales especies del estrato arbustivo son: *Larrea divaricada* con un rango de 430 a 2030, *Chuquiraga erinacea* con 370 a 1670, *Lycium chilense* con 100 a 1970 y *Prosopis flexuosa* con 170 a 600 plantas. *Condalia microphylla* con un promedio de 169, *Prosopidastrum globosum* con

144, *Cassia aphylla* (pichanilla) con 92, *Ephedra ochreata* (solupe) con 36 plantas por ha (Adema *et al.*, 2003).

En el estrato graminoso- herbáceo predominan las gramíneas invernales (65%) sobre las estivales (13%) y las hierbas (22%). Entre las especies principales pueden ser mencionadas: *Stipa tenuis* (flechilla fina*), Poa ligularis* (unquillo), *Piptochaetium napostaense* (flechilla negra), *Digitaria californica* (pasto plateado), *Trichloris crinita* (plumerito), *Acantholipia seriphioides* (tomillo) y *Baccharis ulicina* (yerba de oveja) (Adema *et al*., 2003).

Descripción y características de *Chuquiraga erinacea*.

La chilladora (*Chuquiraga erinacea*) es un arbusto muy ramoso, con una copa compacta, ramificada desde abajo y con hojas rígidas, duras y espinescentes en el ápice. Tiene una altura que varia de 0.70 a 1.50 m. Posee flores en capítulos axilares dispuestos en el ápice de las ramas (brácteas y flores amarillas). El fruto es pequeño, cubierto de una pubescencia sedosa. Florece y fructifica en verano (Cano, 1988).

Es una especie muy frecuente en el sector occidental de Argentina, desde Jujuy hasta el norte de la Patagonia; es muy característica de la provincia fitogeográfica del Monte. Crece en suelos franco-arenosos o franco-limosos, es menos común en áreas medanosas. En La Pampa es común en los bosques de caldén y en los arbustales de jarilla. Casi siempre es acompañante en las comunidades que integra (Cano, 1988).

Según su clasificación utilitaria se la considera como no valiosa, con un valor forrajero malo. No es ramoneada por el ganado y su respuesta al pastoreo es creciente. Las áreas donde es muy frecuente estarían indicando que hubo sobrepastoreo en años anteriores. Los fuegos no la eliminan, pues rebrota muy rápido y en pocos años recupera el área que cubría. Los tratamientos de erradicación mecánica son los más efectivos (Cano, 1988).

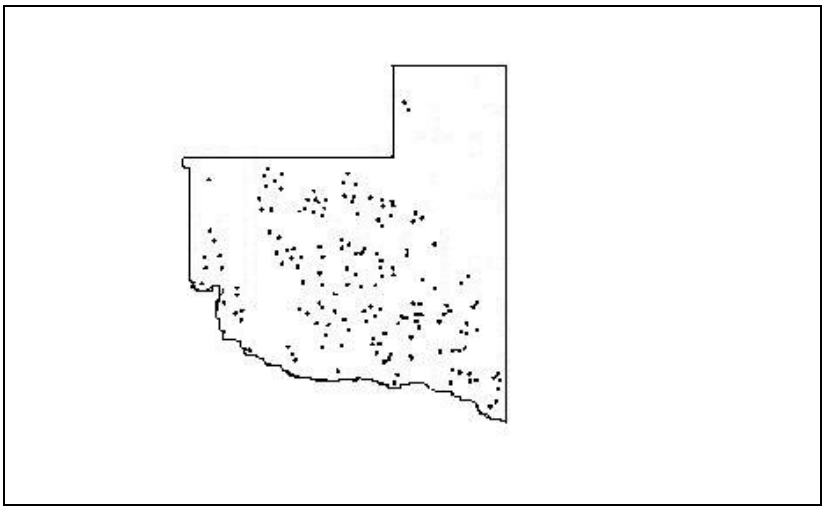

Figura 2. Distribución de *Chuquiraga erinacea* en La Pampa. Adaptado de Cano, 1988.

Descripción del ensayo

Simulación de lluvia

Para evaluar el proceso de intercepción de precipitación, se utilizó un simulador de lluvia de aspersión. El mismo consta de un pico aspersor de cono lleno con un ángulo de salida de 120º, modelo 460.968.30.CG, fabricado por Lechler GMBH de Fellbach, Alemania, calibrado por Adema (2000). 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 soportes extensibles que permiten regular la altura y el nivel del simulador, aún cuando se trabaje sobre paisajes de mucha pendiente. (Figura 3 a y b)

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 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 aspersión 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. Para realizar el trabajo se aplicó una intensidad de lluvia de 40

mm/hora. Esta intensidad permite simular lluvias con una distribución de tamaño de gotas similar a una lluvia natural (Adema, 2000). A intensidades menores, el cono de distribución de la lluvia formada por el pico aspersor del simulador disminuye su área de mojado, formando gotas de tamaños muy grandes. A intensidades mayores, en tanto, el cono de distribución de lluvia aumenta su área de mojado, formando gotas de tamaños pequeños y convirtiéndola en un spray. De ésta forma, la deriva de la lluvia por efecto del viento puede ser muy significativa. Esta intensidad adecuada de lluvia (40 mm/h) se logró con una presión de trabajo medida en el manómetro, de una atmósfera.

a) b)

Figura 3: a) Simulador de lluvia
b) Detalle del pico aspersor

Selección de individuos

Se seleccionaron veintidós ejemplares de chilladora que fueron sometidos a simulación de lluvia y treinta y tres ejemplares evaluados para obtener las variables alométricas, considerando dicho número una cantidad suficiente como para incluir la mayor variabilidad estructural y de biomasa de la especie.

El desarrollo experimental del presente proyecto se realizó en el periodo febrero-abril de 2010.

Metodología

Para desarrollar un diseño experimental que permita obtener la cantidad de agua almacenada por *Chuquiraga erinacea* en función de su biomasa, se establecieron dos metodologías diferentes:

1-MÉTODO DE CAMPO (Mediciones directas).

Mediciones alométricas

Se seleccionaron a campo y al azar 33 ejemplares de arbustos de *Chuquiraga erinacea* diferenciados en tamaño y fisonomía, a los que se les midieron diámetro y altura, a fin de hacer una descripción de la arquitectura del arbusto en estudio y caracterizar la variabilidad que presenta la morfología de la especie. Para ello, se realizaron por ejemplar, cuatro mediciones de los parámetros "diámetros" y "alturas" que luego fueron promediados para obtener un único valor. Esto fue realizado debido a que los arbustos de *Chuquiraga erinacea* no son totalmente simétricos. Luego se cortaron los ejemplares desde la base (método destructivo) y fueron pesados con una balanza granataria en su totalidad (peso total). (Figura 4 a, b y c)

Estas mediciones se realizaron con la finalidad de poder establecer una relación entre la arquitectura de la planta y la cantidad de agua almacenada por la misma. Se determinó que variable arquitectónica de la planta (diámetro o altura, o una combinación de ambas) predijo mejor la biomasa aérea y de esta manera estimar la cantidad de agua retenida durante una lluvia.

a) b) c)

Figura 4: a) Vista general de la *chuquiraga erinacea*.

b) Medición de la altura de *Chuquiraga erinacea.*

c) Corte desde la base de *Chuquiraga erinacea.*

Intercepción:

Esta variable se midió a partir de la diferencia entre el peso húmedo de la planta entera y el peso seco de la misma.

Para evaluar la máxima retención de agua en la especie a estudiar, se aplicó una lluvia con una intensidad equivalente a 40 mm/hora, durante 15 minutos, tiempo suficiente para lograr la saturación de la planta.

Se aplicó la simulación de lluvia hasta la saturación del dosel, se esperó un tiempo aproximado de 5 minutos hasta que el follaje dejó de gotear y se pesó en balanza granataria. Para poder colectar la planta sin perder el agua retenida se puso un nylon por debajo de la misma y se la cortó por la base con cuidado, tratando de no ocasionar movimientos que provoquen el desprendimiento del agua de la planta, en caso de que lo hubiera, el agua quedaría sobre el nylon. De esta manera, cada planta fue envuelta para evitar la evaporación y posteriormente se tomó el peso en húmedo. Terminada esta tarea se dejó evaporar el agua retenida por la planta colocándola a la sombra para evitar su deshidratación y se volvió a pesar (peso seco).

La intercepción se calculó como la diferencia entre peso húmedo y peso seco, previo descuento de la tara del nylon.

Lluvia incidente y traslocación:

Para obtener los valores de estas dos variables se realizaron simulaciones de lluvia a campo sobre 22 ejemplares de *Chuquiraga erinacea*.

El experimento se realizó con una única intensidad de lluvia de 40 mm/h, con tres tiempos de duración de la simulación: 5, 10 y 15 minutos. Los sitios evaluados fueron 6 (cada sitio abarcó un área donde había más de una planta de chilladora), con un total de 18 simulaciones.

Para determinar la variable traslocación se ubicaron debajo del área de influencia del arbusto 15 colectores pluviométricos, de 65 mm de diámetro, cuya cantidad y disposición espacial debajo de cada arbusto se realizó en función de la estructura y dimensión de cada ejemplar.

También se colocaron 15 colectores fuera del área de influencia del arbusto para poder medir la lluvia incidente, además de poder calibrar el simulador para obtener la intensidad de lluvia deseada.

a) b)

Figura 5: a) Colectores pluviométricos colocados fuera y dentro del área de influencia del arbusto.
b) Medición del agua colectada por medio de la probeta de pluviómetro tipo "B".

La medición de los mm caídos en cada uno de los colectores se realizó con una probeta de pluviómetro tipo "B" del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para realizar correctamente le medición se aplicó un factor de corrección. Este factor se obtuvo relacionando el volumen del colector pluviométrico con el del pluviómetro tipo "B" del SMN, utilizando una ecuación de igualdad.

FACTOR DE CORRECCIÓN

Diámetro de la boca del colector pluviométrico = 65 mm

Diámetro de la boca del pluviómetro del SMN = 160 mm

Volumen del colector pluviométrico = Volumen del pluviómetro del SMN

$$\pi \times R^2 \times h \text{ colector} = \pi \times R^2 \times h \text{ pluviómetro del SMN}$$

$$h \text{ colector} = \frac{\pi \times R^2 \times h \text{ pluviómetro del SMN}}{\pi \times R^2 \text{ colector}} = \mathbf{6{,}06 \text{ (factor de corrección)}}$$

En la ecuación de igualdad se comparan los volúmenes del colector con el del pluviómetro del SMN. El volumen es la superficie de la boca del recipiente por su altura. La superficie se obtiene a partir de los diámetros de ambos recipientes. De ésta forma, y haciendo los pasajes de términos correspondientes, se calcula el factor de corrección. El agua de los colectores fue vertida en la probeta del pluviómetro del SMN, multiplicando los mm medidos en esta probeta por el factor de corrección, se obtuvieron los milímetros caídos en cada colector pluviométrico.

Escorrentía cortical

Esta variable no se midió debido a la dificultad de recolectar el volumen de agua de escurrimiento en un alto número de fustes ramificados y porque explica menos del 5% de la precipitación total en estas comunidades vegetales (Silva y Gonzáles Rodríguez, 2005; Návar *et al*. 2008).

2-MÉTODO DE LABORATORIO (Mediciones indirectas).

Intercepción

A cada uno de los ejemplares de arbustos utilizados para la obtención de las medidas alométricas y para la simulación de lluvia en el campo, se le tomaron muestras representativas constituidas por porciones de planta desde la base de las ramas hasta el ápice de las mismas. De esta manera se contó con material leñoso y desprovisto de hojas, correspondiente a la base de las ramas, así como con material de poca superficie leñosa y mayor superficie con hojas, correspondiente al extremo superior de las ramas. Las muestras recolectadas fueron 103. Luego a cada una de estas muestras se las introdujo en bolsas de nylon bien selladas para evitar que pierdan la humedad propia de la planta y se desequen, y de esta forma permitir que las muestras sean lo más representativas posible a la hora de analizarlas en laboratorio.

Llegadas las muestras a laboratorio se procedió a pesarlas en seco con una balanza granataria, luego se las sometió a un mojado total, se dejó a que el agua escurra hasta que la muestra ya no goteara y se volvió a pesar en estado húmedo. De esta manera y por diferencia de peso, se obtuvo la cantidad de agua retenida por las muestras de planta.

Análisis estadístico

- Con el fin de determinar la variable alométrica que mejor prediga el peso seco de chilladora, se procedió a realizar un análisis de regresión lineal, utilizando como variables independientes la altura y el diámetro, y como variable dependiente el peso o biomasa.

-Para establecer una relación entre el peso húmedo y seco determinado a partir de la metodología de campo y laboratorio, se realizó un análisis de regresión lineal, utilizando como variable independiente el peso seco y como variable dependiente el peso húmedo.

-Para determinar diferencias significativas entre la cantidad de agua colectada fuera y dentro del área de cobertura del arbusto, se realizó un diseño en bloques (6 sitios de simulación) y los datos fueron analizados mediante ANOVA doble con factores fijos (Posición de los colectores- dentro y fuera- y tiempo de simulación).

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).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones alométricas

Los datos colectados en el campo correspondieron a valores muy variables ya sea del diámetro de copa, la altura o la biomasa aérea (Tabla 1). Se promediaron los diámetros de copa y alturas a partir de las cuatro mediciones realizadas por cada parámetro. En general se encontraron arbustos con diámetros de copa promedio superiores a los 100 cm, con valores máximos entre los 180 cm y 202 cm. Los valores mínimos estuvieron representados por ejemplares de entre 80 y 40 cm, con un valor mínimo extremo de 18.5 cm.

<u>Tabla 1</u>: Medidas alométricas de plantas de *Chuquiraga erinacea.*

CHILLADORA			
Nº PLANTA	**Diámetro de copa medio (cm)**	**Altura media (cm)**	**Biomasa aérea o peso total seco (g)**
1	100,25	81,25	1407
2	145,75	70,50	2237
3	91,25	74,75	1179
4	202,00	90,00	8017
5	127,75	48,25	1254
6	42,00	36,50	145
7	168,50	61,75	3614
8	103,25	116,50	1946
9	115,00	65,75	1656
10	115,25	77,75	1901
11	87,25	88,50	7480
12	188,50	114,00	7886
13	106,25	91,25	3332
14	82,50	90,75	1447
15	134,00	90,75	3922
16	83,00	73,00	2104
17	179,75	105,75	6745
18	110,50	74,00	2244
19	18,50	26,00	33
20	147,00	113,25	3968
21	55,00	272,75	409
22	51,00	47,50	182
23	168,50	105,00	4183
24	140,50	93,00	3207
25	133,50	95,00	4595
26	145,75	96,50	4925
27	102,50	100,00	1546
28	87,75	92,00	800
29	149,50	133,75	5966
30	98,50	96,50	1333
31	139,00	99,25	3506
32	180,00	95,00	4941
33	137,50	77,50	3366

Se buscaron todos los tamaños y formas posibles dentro de los rangos característicos descriptos por Cano (1988). En algún caso se tomaron datos correspondientes a valores de altura menores a los que fueron descriptos por Cano debido a la alta frecuencia de estos portes en el área de estudio. Pueden citarse las plantas número 5, 6 y 19 observadas en la Tabla 1, con valores de 48.25, 36.50 y 26.00 centímetros, respectivamente. En el sitio se encontraron pocos ejemplares de gran porte o superiores a 1.00 m.

Se encontró una gran fluctuación en los diámetros de copa tomados y en las combinaciones entre las medidas de las alturas y sus correspondientes medidas de diámetros. Algunos ejemplares poseían una estructura más erguida y vigorosa, mientras que otros estaban más achaparrados debido al peso de sus ramas.

Los individuos de mayor peso correspondieron no solo a aquellos de mayor porte sino también a aquellos que poseían mayores grosores en sus ramas.

Estimación de la biomasa aérea total

Con el propósito de evitar muestreos destructivos, se probaron modelos de biomasa aérea en función de las variables altura media y diámetro de copa medio, que permitieran estimar la biomasa aérea de los arbustos a campo.

Se encontró una regresión lineal altamente significativa ($p < 0.001$) entre la biomasa aérea total y diámetro de la copa, por lo cuál se realizó un nuevo análisis pero solo con la variable diámetro de copa como predictora de la biomasa.

En un primer análisis exploratorio se eliminó el dato 9, por ser altamente significativo el test de outlier. Luego se corrigió una falta de homocedasticidad, transformando con raíz cuadrada la variable “Peso total seco” (biomasa aérea total seca) y se realizó el análisis de regresión lineal. Los datos utilizados se presentan en la Tabla 1.

La regresión es altamente significativa (Tabla 3) y el modelo lineal propuesto, tiene un 87 % de explicación (R^2).

Tabla 3. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,80	1	12,80	203,54	<0,0001
Diámetro	12,80	1	12,80	203,54	<0,0001
Error	1,95	31	0,06		
Total	14,75	32			

La ecuación para predecir la Biomasa aérea de *Chuquiraga erinacea* en función del diámetro de copa es:

$$\mathbf{B = (-0{,}18 + 0{,}01D)^2}$$

Donde

B: biomasa aérea total seca

D: diámetro de la copa

Ambas variables están altamente correlacionadas (r^2=93 %) y el ajuste del modelo lineal es muy satisfactorio (Figura 6).

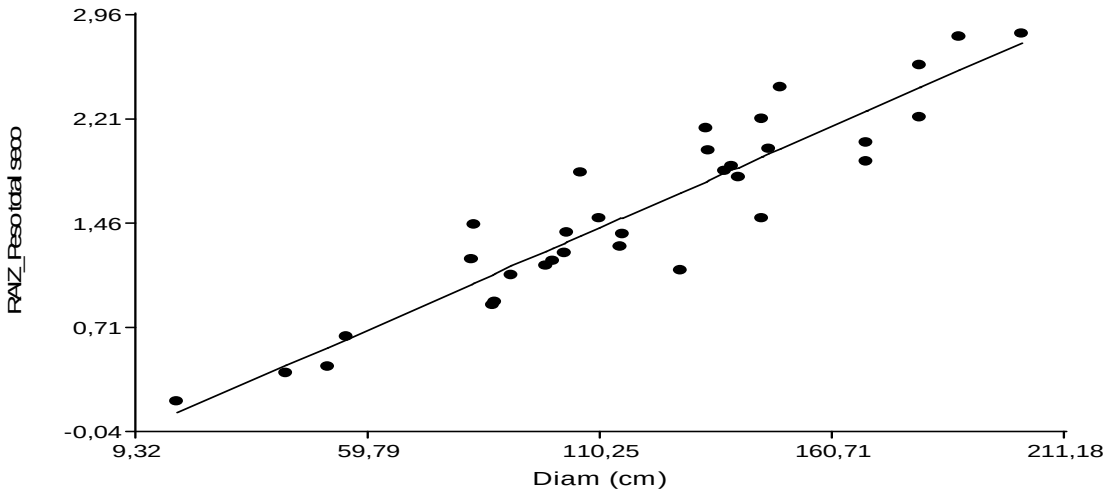

Figura 6. Relación entre las variables Raíz del Peso seco total y Diámetro de copa de *Chuquiraga erinacea.*

La variable alométrica diámetro de copa resultó ser la mejor para poder estimar la biomasa aérea total de *Chuquiraga erinacea*, con una correlación entre variables dependiente e independiente muy alta. Esto coincide con los trabajos de Iglesias y Barchuk (2010) y Acosta-Mireles *et al*. (2002) sobre estimación de biomasa en arbustos del semiárido-árido del chaco árido de Argentina y del bosque encino de México, donde el diámetro fue la variable predictora que mejor ajustó en la determinación de biomasa, por encima de otras variables estudiadas, incluida la altura.

En otros estudios realizados, las metodologías para estimar el diámetro difirieron en relación a la que se realizó en éste. El diámetro a la altura del pecho (DAP) o simplemente el diámetro basal resultaron apropiados para determinar biomasa en especies leñosas y arbustivas de mayor porte. En este estudio se midieron los diámetros de copa máximos del arbusto debido a que algunos ejemplares de *Chuquiraga erinacea* que se muestrearon no alcanzaron la altura suficiente para tomar los DAP correspondientes. Sin embargo el diseño experimental utilizado condujo a resultados muy satisfactorios para estimar biomasa en esta especie en particular.

Generalmente los modelos alométricos son generados para cada especie en particular, pero hay que tener en cuenta que las especies arbustivas que componen una misma formación vegetal presentan similitudes en su patrón morfológico y de crecimiento y, por lo tanto, en la asignación de biomasa aérea (Acosta-Mireles *et al*. 2002). Esto podría proveer ecuaciones predictoras de biomasa que puedan aplicarse a la misma especie en otros sitios o regiones, siempre que presenten características similares de tamaños, o para especies arbustivas que posean características similares.

Estimación del porcentaje de lluvia interceptada

Relación Peso seco –Peso húmedo. Datos de campo.

En la Tabla 4 se observan los datos con los que se realizó el análisis de regresión lineal entre las variables Peso seco (PS) y húmedo (PH) de las plantas completas. No se encontraron datos sospechosos ni outliers. Tampoco fue necesario realizar ninguna transformación.

Tabla 4. Peso seco y Peso húmedo (gr.) de plantas de *Chuquiraga erinacea* tomados a campo.

Planta	Peso total seco (g)	Peso total húmedo (g)
1	7886	9532
2	3332	4209
3	1447	1553
4	3922	5129
5	2104	2507
6	6745	7915
7	2244	2828
8	33	63
9	3968	5377
10	409	642
11	182	316
12	4183	5437
13	3207	5005
14	4595	6258
15	4925	6309
16	1546	2218
17	800	1208
18	5966	7663
19	1333	1861
20	3506	4076
21	4941	6668
22	3366	4725

La regresión lineal es altamente significativa con un porcentaje de explicación del 98 % (Tabla 5).

Tabla 5. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	146304259,47	1	146304259,47	1250,08	<0,0001
Peso seco (g)	146304259,47	1	146304259,47	1250,08	<0,0001
Error	2340713,49	20	117035,67		
Total	148644972,95	21			

La ecuación resultante es: **PH = 204,22 + 1,23 PS**

Donde

PH: peso húmedo de la planta

PS: peso seco de la planta

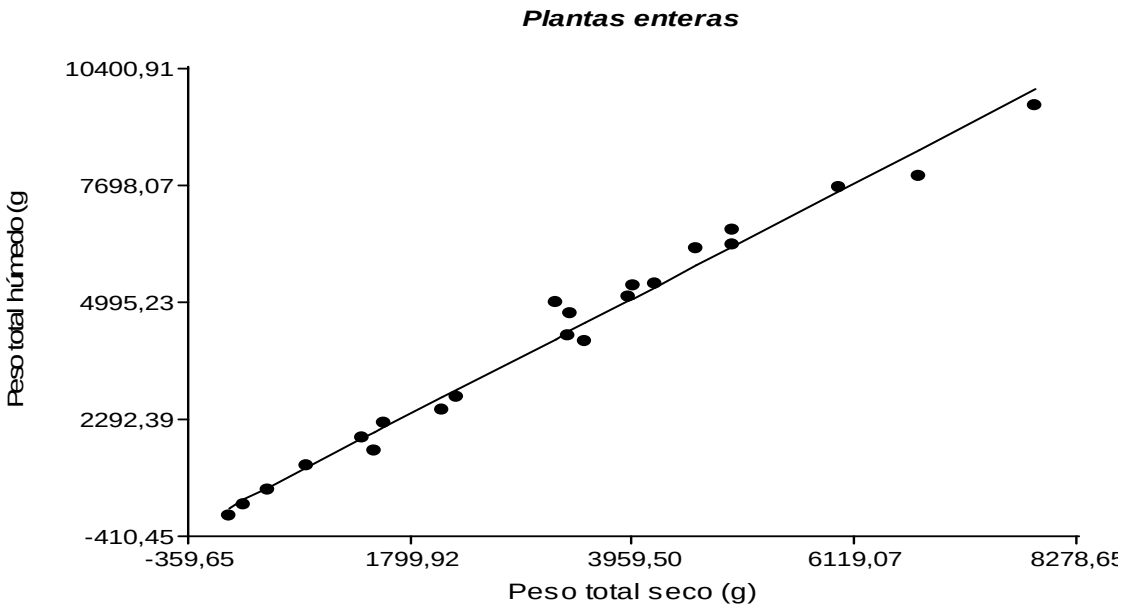

Figura 7. Relación entre las variables Peso húmedo (PH) y Peso seco (PS) de los datos de *Chuquiraga erinacea* obtenidos a campo.

a) b)

Figura 8: a) y b) Detalle del agua colectada por el dosel de *Chuquiraga erinacea*.

Relación Peso seco –Peso húmedo. Datos de laboratorio.

En la Tabla 6 se observan los pesos secos y húmedos de las plantas de *Chuquiraga erinacea* y sus correspondientes transformaciones.

Se encontró un solo dato outlier (el caso Nº 60) y fue eliminado. Con los datos originales seguían apareciendo datos outlier y sospechosos y también una falta de homocedasticidad. Por esto se probaron distintas transformaciones y se llegó a la conclusión que la transformación con logaritmo natural (Ln) a ambas variables, mejoraba sustancialmente el problema de heterocedasticidad y de datos sospechosos.

Tabla 6. Peso Seco (PS), Peso Húmedo (PH) y su correspondiente transformación logarítmica.

Caso	PS (gr.)	PH (gr.)	Ln_PS	Ln_PH	Caso	PS (gr.)	PH (gr.)	Ln_PS	Ln_PH
1	67,66	86,72	4,21	4,46	53	145,38	191,39	4,98	5,25
2	64,11	90,52	4,16	4,51	54	211,92	272,51	5,36	5,61
3	34,79	50,15	3,55	3,92	55	29,39	41,89	3,38	3,74
4	73,09	108,38	4,29	4,69	56	43,41	61,22	3,77	4,11
5	84,55	122,10	4,44	4,80	57	47,89	67,75	3,87	4,22
6	45,57	66,58	3,82	4,20	58	256,41	342,93	5,55	5,84
7	62,02	89,62	4,13	4,50	59	184,53	255,31	5,22	5,54
8	78,09	106,62	4,36	4,67	60	327,79	543,14	5,79	6,30
9	60,26	80,75	4,10	4,39	61	81,81	112,66	4,4	4,72
10	33,31	48,03	3,51	3,87	62	76,53	102,98	4,34	4,63
11	39,62	59,98	3,68	4,09	63	173,73	224,67	5,16	5,41
12	34,16	52,51	3,53	3,96	64	275,13	309,93	5,62	5,74
13	71,48	113,3	4,27	4,73	65	112,55	144,14	4,72	4,97
14	50,52	72,30	3,92	4,28	66	126,19	165,65	4,84	5,11
15	57,70	91,78	4,06	4,52	67	245,05	312,81	5,50	5,75
16	50,63	69,44	3,92	4,24	68	115,38	158,11	4,75	5,06
17	56,60	78,77	4,04	4,37	69	96,13	130,31	4,57	4,87
18	36,09	50,92	3,59	3,93	70	202,04	260,38	5,31	5,56
19	39,04	58,19	3,66	4,06	71	27,36	37,44	3,31	3,62
20	39,12	59,76	3,67	4,09	72	108,26	128,20	4,68	4,85
21	65,56	91,76	4,18	4,52	73	150,37	189,02	5,01	5,24
22	59,18	80,66	4,08	4,39	74	111,66	146,56	4,72	4,99
23	38,55	49,83	3,65	3,91	75	65,48	75,57	4,18	4,33

Tabla 6 (continuación). Peso Seco (PS), Peso Húmedo (PH) y su correspondiente transformación logarítmica.

Caso	PS (gr.)	PH (gr.)	Ln_PS	Ln_PH	Caso	PS (gr.)	PH (gr.)	Ln_PS	Ln_PH
24	56,29	77,79	4,03	4,35	76	95,96	128,18	4,56	4,85
25	72,68	100,09	4,29	4,61	77	70,06	95,30	4,25	4,56
26	41,21	60,87	3,72	4,11	78	28,65	40,68	3,36	3,71
27	52,47	67,09	3,96	4,21	79	43,35	52,08	3,77	3,95
28	56,25	73,54	4,03	4,30	80	89,30	104,77	4,49	4,65
29	61,74	75,26	4,12	4,32	81	109,50	122,66	4,70	4,81
30	49,83	67,26	3,91	4,21	82	36,90	52,02	3,61	3,95
31	57,05	73,96	4,04	4,30	83	229,04	284,35	5,43	5,65
32	36,44	52	3,60	3,95	84	147,44	189,86	4,99	5,25
33	72,71	96,20	4,29	4,57	85	373,86	433,01	5,92	6,07
34	57,61	81,21	4,05	4,40	86	158,76	202,08	5,07	5,31
35	46,28	71,24	3,83	4,27	87	341,33	404,16	5,83	6
36	34,16	52,68	3,53	3,96	88	95,36	114,75	4,56	4,74
37	26,74	40,83	3,29	3,71	89	57,47	79,35	4,05	4,37
38	45,44	59,68	3,82	4,09	90	162,92	202,51	5,09	5,31
39	58,87	90,92	4,08	4,51	91	60,49	81,96	4,10	4,41
40	82,30	121,12	4,41	4,80	92	183,88	213,28	5,21	5,36
41	48,88	71,95	3,89	4,28	93	109,10	138,30	4,69	4,93
42	46,62	67,14	3,84	4,21	94	44,58	60,62	3,80	4,10
43	42,59	62,40	3,75	4,13	95	35,40	49,54	3,57	3,90
44	14,84	23,64	2,70	3,16	96	83,55	104,40	4,43	4,65
45	37,21	55,25	3,62	4,01	97	119,35	133,36	4,78	4,89
46	32,200	48,77	3,47	3,89	98	58,01	70,05	4,06	4,25
47	38,08	57,46	3,64	4,05	99	71,07	101,12	4,26	4,62
48	316,46	383,09	5,76	5,95	100	47,11	71,100	3,85	4,26
49	210,14	270,38	5,35	5,60	101	44,02	62,09	3,78	4,13
50	238,14	332,72	5,47	5,81	102	54,13	74,70	3,99	4,31
51	427,200	475,09	6,06	6,16	103	56,22	76,18	4,03	4,33
52	250,23	325,14	5,52	5,78					

La regresión lineal es altamente significativa con un porcentaje de explicación del 99 % (Tabla 7).

Tabla 7. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	40,324	1	40,324	9532,564	<0,0001
LN_peso seco (g)	40,324	1	40,324	9532,564	<0,0001
Error	0,423	100	0,004		
Total	40,747	101			

Las relaciones Peso seco-Peso húmedo fueron estimadas por ajuste del modelo $Y=aX^b$ (en su expresión linear mediante transformación logarítmica).

Por lo tanto la ecuación retransformada es: $\mathbf{PH = 1{,}92\ PS^{0{,}918}}$

Donde

PH: peso húmedo de la planta

PS: peso seco de la planta

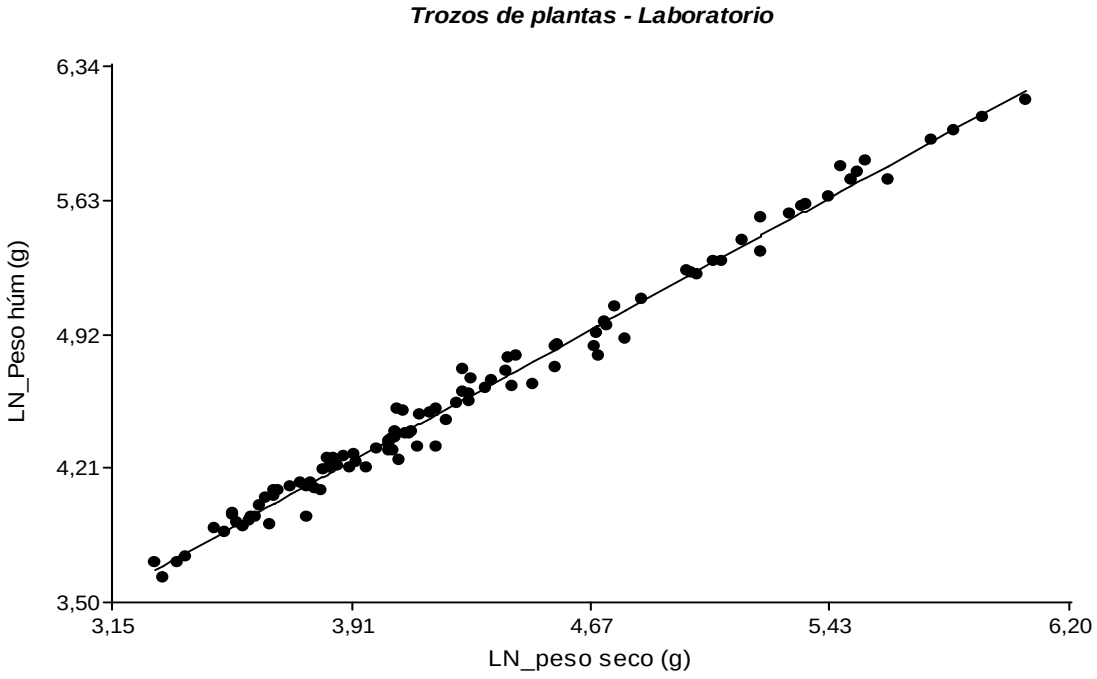

Figura 9. Relación entre las variables Ln Peso húmedo y Ln Peso seco de los datos de *Chuquiraga erinacea* obtenidos en laboratorio.

Los análisis realizados tanto en las muestras de campo como en las de laboratorio dan correlaciones positivas con porcentajes de explicación que llegaron al 98 % para los datos de campo y del 99 % para los de laboratorio (Figura 9). Para el análisis de éstos últimos, los datos se transformaron a logaritmo natural a los efectos de mejorar la homocedasticidad de la varianza. De los análisis realizados se generaron ecuaciones predictivas del peso húmedo a partir de datos de biomasa total.

De la combinación de la ecuación predictora de la biomasa total y de la ecuación predictora del peso húmedo se puede obtener la cantidad de agua que queda retenida en los arbustos de *Chuquiraga erinacea*, luego de un evento de lluvia que logre saturar la copa de los mismos.

Se determinó que la cantidad de lluvia interceptada por arbustos de *Chuquiraga erinacea* corresponde aproximadamente al 23 % de su biomasa. Éste valor se obtuvo de la pendiente de la ecuación generada con los datos obtenidos y analizados a campo.

El porcentaje de intercepción es significativo y se corresponde con valores obtenidos por Cantú Silva & Gonzáles Rodríguez (2005) en especies del matorral submontano, donde obtuvieron porcentajes que oscilaron entre el 18 y 22 % dependiendo de la especie. Además éste estudio, en coincidencia con los resultados obtenidos por otros autores (Cantú Silva & Gonzáles Rodríguez, 2005), desestiman las suposiciones de que los arbustos interceptan menos cantidad de agua durante un evento de lluvia que las especies arbóreas o de mayor porte por el hecho de que poseen una cobertura menos densa.

Se puede inferir que el agua retenida en *Chuquiraga erinacea* se debe principalmente a la disposición y agrupación de sus hojas en el ápice de las ramas formando así una copa compacta. Las hojas duras y aciculadas permiten que el agua se vaya acumulando y almacenando formando cúmulos, que se saturan con un cierto volumen permitiendo que los excesos se eliminen y caigan al suelo. Además la corteza de sus tallos es rugosa, lo que permitiría el almacenamiento del agua en ella y retardaría el escurrimiento hacia la base del arbusto.

El modelo generado se podría extrapolar a escalas mayores, donde se tendría que tener en cuenta la densidad de los arbustos. De ésta forma es posible estimar la cantidad de agua interceptada por *Chuquiraga erinacea* en un sitio determinado, en los que la especie estudiada tenga una distribución importante y llegue a ejercer una influencia significativa en los balances de humedad del suelo.

Relación entre el agua colectada dentro y fuera del área de influencia del arbusto.

La Tabla 8 muestra los datos obtenidos de la recolección de agua fuera y dentro del área de influencia del arbusto y la relación existente entre ambos, durante las simulaciones.

Luego se procedió con el análisis de ANOVA doble.

Tabla 8. Agua (mm) recolectada en promedio fuera y bajo el dosel, con simulación de la lluvia de 5, 10 y 15 minutos de tiempo.

Simulación	Posición	5’	10’	15’
1	Bajo	2,5452	4,9086	8,9284
1	Fuera	3,4744	7,3932	11,1302
2	Bajo	2,6791	6,3470	11,0515
2	Fuera	3,7168	7,7568	10,7666
3	Bajo	2,0031	5,2351	7,7938
3	Fuera	2,5048	5,8176	8,9890
4	Bajo	2,4240	7,0826	11,8170
4	Fuera	3,0098	6,9892	12,2008
5	Bajo	2,9650	4,9778	7,1205
5	Fuera	4,8682	9,2516	11,4736
6	Bajo	3,0942	6,7092	11,4274
6	Fuera	3,2522	5,7772	10,0798

No se observaron fallas evidentes en el gráfico de residuales por lo tanto, se realizó el test de ANOVA, no encontrándose heterocedasticidad en los datos.

Los resultados del ANOVA, calculados con el programa estadístico InfoStat, se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	333,79	10	33,38	27,42	<0,0001
Bloque	13,10	5	2,62	2,15	0,0921
Posición	10,39	1	10,39	8,54	**0,0073**
Tiempo	310,01	2	155,01	127,35	**<0,0001**
Posición*Tiempo	0,28	2	0,14	0,12	**0,8903**
Error	30,43	25	1,22		
Total	364,22	35			

No se detectaron efectos de interacción (p>0,85) entre la posición y el tiempo de duración de la simulación (Figura 6). Se encontraron diferencias altamente significativas (p<0,01) en la duración de la simulación y también debido a la posición.

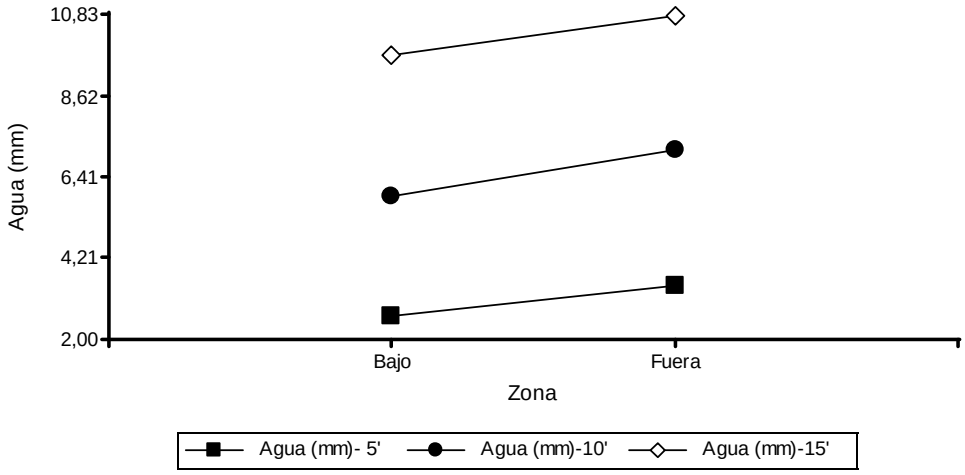

Figura 10. Posición vs. Agua recolectada luego de la simulación, en promedio.

Para probar si en todos los niveles de los tiempos había diferencias, se realizó un test de diferencia de medias. Se encontraron diferencias altamente significativas (Tabla 10, Figura 11).

Tabla 10. Comparación de medias, test LSD Fisher (Alfa=0,01 DMS=1,25546).

Tiempo	Medias	n	E.E.			
5	3,0447	12	0,3185	A		
10	6,5205	12	0,3185		B	
15	10,2316	12	0,3185			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,01. Error: 1,2172 gl: 25)

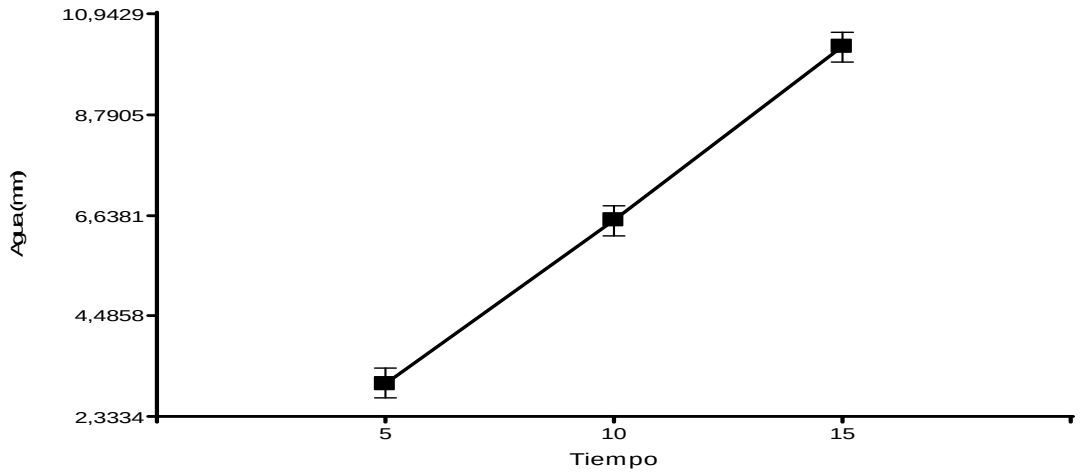

Figura 11. Tiempo en función del agua recolectada, independientemente de la posición.

Los resultados obtenidos a partir de las simulaciones de lluvia mostraron que hay diferencias significativas (p<0,01) entre el agua colectada dentro y fuera del área de influencia del arbusto, ya sea en la simulación de 5, 10 y 15 minutos. Éstos están relacionados con resultados que arrojaron las experiencias de corte y pesada (en húmedo y en seco) que se realizaron previamente, y que confirmaban que el agua interceptada por *Chuquiraga erinacea* era de relativa importancia.

En algunos casos se puede observar que el agua colectada dentro del área de influencia del arbusto es similar, e incluso mayor, que la que fue colectada fuera del área de influencia, generalmente observado en los mayores tiempos de simulación (10 y 15 minutos). Pueden citarse como ejemplo la segunda simulación de 15 minutos, la cuarta simulación de 10 minutos y la sexta simulación tanto de 10 como de 15 minutos de duración (Tabla 8). Esto se debió al efecto del goteo por parte del dosel luego de la saturación del mismo. A medida que el agua satura la copa, ésta comienza a desprenderse y a circular por las ramas formando zonas de confluencia del agua que se descarga en el

suelo en forma de gotera. Algunos de los colectores estaban ubicados en éstas zonas, razón por la cual contenían más agua.

No se encontró una interacción entre el tiempo de la simulación y la cantidad de lluvia colectada en los pluviómetros. Se esperaba que a medida que aumentara el tiempo de la simulación las diferencias entre lo colectado dentro y fuera del arbusto iban a ser menores, hasta alcanzar una similitud entre ambos. Esto se puede deber a que parte del agua circula por el fuste hasta llegar finalmente al suelo, proceso que no se midió dada la dificultad de realizarlo por el al alto número de fustes que presenta el arbusto.

Quizá si se realizaran simulaciones de menor duración partiendo de tiempos menores a los cinco minutos, se podría observar y determinar el tiempo en el que el dosel del arbusto se satura de agua y comienza a eliminar el exceso en forma de gotera.

CONCLUSIONES

Con el modelo propuesto se puede determinar la biomasa a partir de mediciones a campo del diámetro de copa de los arbustos de *Chuquiraga erinacea*, y de ésta manera predecir la cantidad de agua interceptada de un área en estudio.

La determinación de la cantidad de agua interceptada durante un evento de lluvia por *Chuquiraga erinacea*, equivale aproximadamente al 23 % de su biomasa, valor obtenido de la pendiente de la ecuación generada a partir de los datos obtenidos y analizados a campo. Éste es un valor significativo teniendo en cuenta que las precipitaciones en la región son un factor limitante, tanto para el crecimiento y desarrollo de las comunidades vegetales como para las actividades productivas que se desarrollan, especialmente la actividad ganadera. Teniendo en cuenta que la chilladora es un arbusto no apetecido por el ganado, el agua que queda almacenada en la copa de éste arbusto regresa a la atmósfera por evaporación y no contribuye al aporte de agua en el suelo para el desarrollo de las comunidades de pastizales naturales.

De ésta forma se intenta entender la influencia de las comunidades arbustivas, en este caso de *Chuquiraga erinacea*, en la dinámica de los sistemas semiáridos y especialmente en el ciclo hidrológico de los mismos. Las tres cuartas partes del territorio Argentino son zonas áridas y semiáridas por lo que resulta muy importante conocer su funcionamiento.

Este trabajo provee información científica no generada hasta el momento en éstas regiones del país.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta-Mireles, M.; Vargas-Hernández, A.; Velásquez-Martínez, A.; y J.D. Echevers-Barra. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. Agrociencia, 36:725-736.

Adema, E.O. 2000. Erosión hídrica en dos suelos de pastizal bajo diferentes porcentajes de cobertura vegetal y mantillo en la región del caldenal pampeano. Tesis Magíster Cs. Agrarias. UNS. Bahía Blanca. 100 pp.

Adema, E.O.; Babinec, F.J.; y N. Peinemann. 2002. Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del caldenal pampeano. CIENCIA DEL SUELO, Vol. 19: No. 2: 144-154.

Adema, E.O.; Buschiazzo, D.E.; Babinec, F.J.; Rucci, T.; y V.F. Gómez Hermida. 2003. Balance de agua y productividad de un pastizal rolado en Chacharramendi, La Pampa. Publicación Técnica Nº 50. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. INTA.

Belmonte Serrato, F. 2001. Balance hídrico, distribución de flujos y modelización de la interceptación en dos arbustos semiáridos mediante lluvia simulada. Universidad Católica San Antonio de Murcia. Papeles de Geografía, 33: 23-33.

Cabrera, L.A. 1994. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Regiones Fitogeogtráficas Argentinas. Buenos Aires, Editorial Acme. Pp. 36-42.

Cano, E. 1988. Pastizales Naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Convenio AACREA- Provincia de La Pampa. Pp. 26-27.

Cantú Silva, I. y H. González Rodríguez. 2005. Pérdida por intercepción de lluvia en tres especies de matorral submontano. CIENCIA UANL, Vol. VII: No 1: 80-85.

Fleischbein, K., Wilcke, W., Goller, R., Böhm, P., Valarezo, C., Zech, W. & A.W. Küchler. 2005. Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. Hydrological Processes.

Gash, J.H.C. 1979. An analytical model of rainfall interception by forest. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 105 (443): 43-55.

Gash, J.H.C; Lloyd C.R. & G. Lachaud. 1995. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. Journal of Hydrology, 170: 79-86.

García Ortiz, E.M. 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. Pp. 1-2.

Hierro, J.L.; Branco L.; Villarreal D. y K. Clark. 2000. Predictive equatios for biomasa and fuel characteristics of Argentine shrubs. J. Range Manage., 53: 617-621.

Iglesias, M.R. y A. Haydée Barchuk. 2010.Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). Ecología Austral, 20:71-79. Asociación Argentina de ecología.

INTA, Gobierno de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa. 1980. Soporte digital.

Israel Cantú, S. y H. Gonzáles Rodríguez. 2002. Propiedades hidrológicas del dosel de los bosques de pino-encino en el noreste de México. CIENCIA UANL, Vol. V: Nº 1: 72-77.

Návar, J; Charles, F. and E Jurado. 1999. Spatial variations of interception loss components by Tamaulipan thornscrub in northeastern México. For. Ecol. Manage. 124: 231-239.

Návar, J; Méndez González J. y H. Gonzáles Rodríguez. 2008. Intercepción de la lluvia en especies de leguminosas del nordeste de México. TERRA Latinoamericana, Vol. 26, Núm. 1, pp. 61-68.

Parry, M. L. 1990. Climate Change and World Agriculture. Earthscan, London. 157 p.

Prado Farias, A.; Hernández Sandoval, L. y E. Ventura Rodríguez. 2007. Intercepción de lluvia por *Lysiloma microphylla* en el municipio de Querétaro, Qro. Universidad Autónoma de Querétaro. Pp. 1-4.

Roberto, Z; Frasier, E; Goyeneche, P; González, F; y E. Adema. 2008. Evolución de la carga animal en la provincia de La Pampa. Publicación Técnica Nº 74. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. INTA.

Rostagno, C.M. y D. Garayzar. 1995. Diseño de un simulador de lluvia para estudios de infiltración y erosión de suelos. Ciencia del Suelo 13: 41-43.

Rutter, A.J.; Kershaw, K.A.; Robins, P.C. & A.J. Morton. 1971. A predictive model of rainfall interception in forest, I. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine. Agricultural Meteorology, 9: 367-384.

Santa Regina, I.; Gallardo, J.F.; San Miguel, C. y A. Moyano. 1989. Intercepción, pluviolavado y escorrentía cortical en una plantación de *Pinus sylvestris* de la Cuenca de Candelario (centro oeste de España). BOSQUE, Vol. 10: No. 1: 19-27.

Silva, C. y H. González Rodríguez. 2005. Pérdida por intercepción de la lluvia en tres especies de matorral submontano. CIENCIA UANL, Vol. VIII: No. 1: 80-85.

Umazano, A.M.; Adema, E.O. y S.B. Aimar. 2004. Tajamares: una tecnología alternativa para la zona árida-semiárida de La Pampa. Publicación técnica Nº 56. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. INTA.

Viglizzo, E.F. 1994. Los cambios del clima y la agricultura pampeana. Centro Regional La Pampa-San Luis, Cambio climático y agricultura sustentable en la región pampeana. Publicación Nº 1: 10 p.

Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto y N.R. Brockinton. 1991. Agroecosystems performance in the semiarid pampas of Argentina and their interactions with the environment. Agriculture, Ecosystems and Environment. 36: 23-36.

Viglizzo, E.F.; Roberto, Z.E.; Filippín, C.E. y A.J. Pordomingo. 1995. Climate variability and agroecological change in the central pampas of Argentina. Agriculture, Ecosystems and Environment. 55: 7-16.