



*UNIVERSIDAD NACIONAL
DE SANTIAGO DEL ESTERO*



*FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
"NESTOR R. LEDESMA"*

*TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
INGENIERIA FORESTAL.*

*DISPONIBILIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA
DE LA FORRAJIMASA DE TALA (CELTIS
EHREBERGIANA (KLOTZSCH) LIEBM.) EN
SISTEMAS SILVOPASTORILES DEL CHACO
SEMIÁRIDO*

MARTA PATRICIA RUEDA

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
“NESTOR R. LEDESMA”

*Estimación de la
Disponibilidad y Calidad
Nutritiva de la Forrajimasa de
Tala (Celtis ehrenbergiana
(Klotzsch) Liebm.)*

Marta Patricia Rueda

Director: Dr. Miguel Brassiolo

Co-Directora: Ms Sc Adriana Gómez

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
INGENIERIA FORESTAL. PLAN 1996

SANTIAGO DEL ESTERO, 2013

**DISPONIBILIDAD Y CALIDAD NUTRITIVA DE LA FORRAJIMASA DE
TALA (*CELTIS EHREBERGIANA* (KLOTZSCH) LIEBM.) EN SISTEMAS
SILVOPASTORILES DEL CHACO SEMIÁRIDO**

MARTA PATRICIA RUEDA

COMITÉ EVALUADOR DEL TRABAJO FINAL

RESOLUCIÓN HCD FCF 011/2010

DR. VICTOR HUGO ACOSTA: _____

DR. PUBLIO ALEJANDRO ARAUJO: _____

DR. MIGUEL MARCELO BRASSIOLO: _____

PRESENTACIÓN FORMAL ACADÉMICA

FECHA: _____

CALIFICACIÓN: _____

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES “NÉSTOR R LEDESMA”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO.

“HAY QUIEN CRUZA EL BOSQUE Y SÓLO VE LEÑA PARA EL FUEGO”

LEO TOLSTOI



DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES MARCOS FRANCISCO Y DOMINGA ANGÉLICA

A MIS HERMANAS MARCELA, CARLA Y CAMILA

A MIS SOBRINOS MARCOS, GUADALUPE Y AMIRA

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS



AGRADECIMIENTOS

AL INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA INTA EEA SANTIAGO DEL ESTERO POR PERMITIRME DESARROLLAR ESTE TRABAJO EN SUS INSTALACIONES, Y POR FACILITARME SUS RECURSOS EN EL MARCO DE LOS SIGUIENTES PROYECTOS:

- *INTA, PROGRAMA CARNE, PROYECTO ESPECÍFICO PNCAR 1502 'INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE PASTIZALES' (2006-2009)*
- *INTA, PROGRAMA CARNE, PROYECTO ESPECÍFICO PNCAR 1503 'INTERACCIÓN DE LOS PASTIZALES CON LA PRODUCCIÓN ANIMAL'(2006-2009)*
- *INTA, PROGRAMA FORESTAL, PROYECTO ESPECÍFICO, PNFOR 4322: 'INSTALACIÓN Y MANEJO DEL COMPONENTE FORESTAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES'*
- *INTA, PROGRAMA FORESTAL, PROYECTO ESPECÍFICO, PNFOR 4321 'INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES'*
- *INTA – UNIÓN EUROPEA - INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMÍA (PORTUGAL). PROYECTO FIRE-PARADOX.*
- *MINCYT PROYECTO PAV 'SISTEMAS GANADEROS PASTORILES MEJORADOS PARA LAS REGIONES SUB-HÚMEDAS Y SEMI-ÁRIDAS. EVALUACIÓN DE SU SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA-ECOLÓGICA-SOCIAL Y DESARROLLO DE CRITERIOS PARA SU CERTIFICACIÓN' INTA- FACULTAD DE AGRONOMÍA (FAUBA) UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS BID PICT/PICTO/PAE N° 22709/2*

- INTA, “INTERACCIONES ECOLÓGICAS ENTRE LOS COMPONENTES VEGETALES (LEÑOSO Y HERBÁCEO Y EDÁFICO) DE SISTEMAS SILVOPASTORILES. CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES Y MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES QUE INFLUYEN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

A LA ING. ADRIANA GÓMEZ POR INVALORABLE APOYO.

A MIS COMPAÑEROS TITO VERÓN, FELIPE CISNEROS, MARÍA BASUALDO, GUILLERMO CARIGNANO, ANA GUZMÁN, QUIENES COLABORARON EN EL MUESTREO.

A LOS AYUDANTES DE CAMPO DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INTA LA MARIA: SRES FRANCISCO LOPEZ, VÍCTOR NAVARRETE, FRANCISCO LOPEZ (H), RAUL CORTEZ, ALDO CHAVEZ, JOSE GODOY.

A LOS PROFESORES DRA SANDRA BRAVO, DRA MARTA PECE, DR CARLOS LÓPEZ, Y JOSE ARROQUY

A LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

AL DR MIGUEL BRASSIOLO

A LA EDUCACIÓN PÚBLICA Y GRATUITA.

RESUMEN

En los últimos años se ha acentuado la difusión de sistemas agroforestales como prácticas alternativas de producción, particularmente el desarrollo de sistemas silvopastoriles (SSP) en los bosques secos. Esto implica grandes desafíos como son mantener las funciones y servicios ecosistémico del bosque de manera sustentable en sistemas productivos. En este trabajo se plantea como objetivo general cuantificar el aporte en la época húmeda de biomasa forrajera y evaluar calidad nutritiva del “tala”, *Celtis ehrenbergiana* (Klotsch) Liebm. en sistemas silvopastoriles del chaco semiárido. Los objetivos específicos del trabajo son: a) caracterizar el estrato arbustivo del área de estudio, determinando composición florística de las especies arbustivas y área mínima; determinar estructura horizontal de las especies arbustivas del área de estudio. b) cuantificar la producción de forrajimasa del tala, en la estación de crecimiento, y evaluar calidad forrajera de forrajimasa del tala durante la estación húmeda.

El estudio se realizó en el Campo Experimental La María ubicado sobre Ruta Nacional Nº 9 Km. 1109, Departamento Capital, Santiago del Estero. El sitio de estudio se localiza en un bosque alto, que recibió los siguientes tratamientos: a) Rolado 1 (R1) consiste en una pasada de rolo y siembra simultánea de 5 kg/ha-de semillas de Gatton panic (*Panicum maximum* cv gatton panic); b) Rolado 2 (R2) dos pasadas de rolo, a 45º entre sí, con siembra simultánea de la misma pastura, y c) Testigo (T) sin tratamiento en la parcela.

Los muestreos se desarrollaron en parcelas con tratamientos de rolado y sin pastoreo, durante el tercer ciclo de crecimiento post-disturbio. La caracterización del estrato arbustivo se realizó durante los meses de Octubre – Noviembre - Diciembre de 2008, la cosecha de forrajimasa en Marzo-Abril de 2009, la determinación de calidad nutritiva en Mayo-Junio 2009..

En la determinación de composición florística del estrato arbustivo se utilizó el método de parcelas anidadas con tres repeticiones. Para calcular densidad, frecuencia y distribución de alturas se usó como técnica de muestreo el método cuadrantes centrado en un punto. Se ubicaron 5 fajas sistemáticamente, en cada faja se tomaron 10 estaciones separadas cada 10 m; en cada cuadrante se identificó la especie, se midió altura y la distancia al punto centro de la estación. Para la estimación de la forrajimasa se estudiaron destructivamente 40 individuos de tala seleccionados al azar, 20 individuos en parcelas testigo (T) y 20 individuos en parcelas con doble pasada de rolo (R2). Se estratificaron los individuos en cinco clases de altura. A cada individuo se registró en pie variables alométricas y luego a partir de la combinación o transformación de estas se generaron variables sintéticas. Se cosechó en cada individuo la

parte externa hasta un diámetro de ramas de 6 mm. Las muestras cosechadas fueron secadas en estufa a 60 °C hasta peso constante, se considero como forrajimasa cosechada consumible para ganado vacuno la suma de los pesos secos de las hojas de ramas no lignificadas y peso seco de ramas no lignificadas a los efectos de estimar la forrajimasa disponible para ganado caprino se sumo el peso seco de hojas de ramas lignificadas. Se ajustaron dos tipos de funciones: a- regresiones simples.

Se analizaron relaciones lineales y exponenciales, particularmente se genero una que contenga la altura natural de los individuos, por ser una variable fácil de medir y, b- regresiones lineales múltiple. Para la generación y ajuste de los modelos y análisis estadístico se usaron los programas InfoStat y R versión 2.12.2. Las estimaciones de los parámetros de los modelos se obtuvieron mediante análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados.

La determinación de calidad forrajera se realizó en base a un pool agrupando las muestras por clase de altura y tratamiento cosechado de hojas y ramas no lignificadas, y hojas de ramas lignificadas. Los análisis de los parámetros de calidad nutritiva se hicieron con el método propuesto por AOAC. Se utilizaron ecuaciones para predecir el valor nutritivo de leguminosas a partir de la composición química.

Los resultados obtenidos demuestran que el estrato arbustivo del bosque de “La Maria” está conformado por 15 especies arbustivas. El área mínima para descripción de este estrato es de 180 m². La densidad es de 3604 pl/ha. En promedio el 70 % de los individuos pertenecen a tres especies: *Acacia gilliensis*, *Celtis ehrenbergiana* y *Capparis atamisquea*. El rolado, transcurridos tres periodos de crecimiento, no afecto significativamente la densidad, si es significativo el efecto sobre la variable altura y la distribución de los individuos dentro de las clases de alturas cambia con el tratamiento.

Las ecuaciones simples que se generaron son adecuadas para estimar forrajimasa consumibles para ganado vacuno y caprino en sitios con cobertura de vegetación natural con y sin tratamiento de rolado. Se identificó como variables regresoras de la biomasa forrajera para ganado vacuno al perímetro de copa en una función lineal simple, mientras que el diámetro menor de copa es la variable con mejor ajuste para predecir para el ganado caprino.

Las ecuaciones generadas y validadas con la variable altura explican un 75% la variabilidad de los datos, la desviación global estimada presenta valores bajos para ganado vacuno (0,7 %) lo

que indicaría una pequeña subestimación y normales (-3,2%) para el ganado caprino lo que indicaría sobrestimación.

La oferta forrajera del tala estimada por unidad de superficie indicarían que el aporte que realiza al sistema es importante (30 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ para vacas y 60 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ para cabras) ya que compone el 31% aproximadamente de la oferta de un monte con estructura vertical completa. Los parámetros nutricionales indican que el tala es un especie forrajera con un alto valor nutritivo ya que presenta el doble de contenido proteína bruta que los pastos y es una de las leñosas con mayor digestibilidad (66 a 69%).

El contenido de Fibra Detergente Neutro determinado en ramas presenta altos valores (48%) contrastado con las de hojas (12%). La energía metabolizable estimada en la forrajimasa consumible por el ganado vacuno (2,6 MCal/Kg MS) y para ganado caprino (2,89 MCal/Kg MS) es alta comparadas con pastos (1,7 MCal/Kg MS).

Las prácticas de habilitación y mantenimiento de SSP deberían contemplar un adecuado balance de especies leñosas arbustivas, particularmente de tala por la posibilidad de complementar el forraje proveniente de las pasturas. Este aporte depende de la densidad y tamaños de los individuos de tala y presenta buenas características de calidad nutritiva con valores altos de contenido de proteína, digestibilidad estimada y energía metabolizable.

Tabla de contenido

<i>DEDICATORIA</i>	V
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	vi
<i>RESUMEN</i>	viii
1- <i>Introducción</i>	1
1.1. <i>Las tierras secas</i>	2
1.2. <i>Sistemas silvopastoriles (SSP)</i>	3
1.3. <i>El Chaco Semiárido</i>	5
1.3.1. <i>Los SSP en el Chaco Semiárido.</i>	9
1.3.1.1. <i>Los SSP habilitados mediante rolado</i>	11
1.4. <i>Funciones productivas y ambientales del estrato arbustivo</i>	13
1.5. <i>Estudio de la Forrajimasa de Leñosas</i>	15
1.6. <i>Importancia de tala en los sistemas silvopastoriles del Chaco Semiárido</i>	16
1.7. <i>Objetivos</i>	19
1.7.1. <i>Objetivos específicos</i>	19
1.8. <i>Organización del trabajo final</i>	19
2- <i>Materiales y métodos</i>	21
2.1. <i>Área de estudio</i>	21
2.1.1. <i>Ubicación Geográfica</i>	21
2.1.2. <i>Clima</i>	22
2.1.3. <i>Suelo</i>	22
2.1.4. <i>Vegetación</i>	23
2.2. <i>Descripción del sitio de estudio</i>	24
2.3. <i>Metodología General</i>	25
2.3.1. <i>Caracterización del estrato arbustivo</i>	26
2.3.1.1. <i>Composición florística</i>	27
2.3.1.2. <i>Densidad y Frecuencia de especies</i>	28
2.3.1.3. <i>Distribución de alturas</i>	31
2.3.2. <i>Selección de la especie a estudiar</i>	32
2.3.3. <i>Estimación de la oferta de forraje de arbustos</i>	33
2.3.3.1. <i>Estimación de la disponibilidad de la forrajimasa</i>	33
2.3.3.2. <i>Procesamiento de datos</i>	38
2.3.4. <i>Calidad nutritiva de los forrajes</i>	41

2.3.4.1. Estimación de la Digestibilidad	43
2.3.4.2. Energía Metabolizable	44
2.3.4.3. Muestras para la determinación de calidad nutritiva.....	44
2.3.4.3.1. Métodos de laboratorio para determinar indicadores de digestibilidad	44
2.3.4.3.2. Métodos para estimar digestibilidad y energía	45
2.3.4.3.3. Análisis estadístico	45
3- Resultados.....	47
3.1. Caracterización del estrato arbustivo	47
3.1.1. Composición florística	47
3.1.2. Densidad, Frecuencia y distribución de abundancia de arbustos.....	48
3.1.3. Efecto del tratamiento sobre la densidad	50
3.1.4. Distribución de alturas	55
3.1.5. Efecto del tratamiento sobre la altura promedio de los individuos	60
3.2. Selección de la especie.....	62
3.3. Estimación de la forrajimasa individual disponible.....	62
3.3.1. Composición de la forrajimasa individual disponible.....	69
3.3.2. Estimación de la forrajimasa disponible por unidad de área.....	71
3.4. Indicadores del valor nutricional de la forrajimasa de tala.....	73
3.4.1. Parámetros nutricionales determinados en laboratorio	73
3.4.2. Parámetros nutricionales estimados.....	75
3.4.2.1. Digestibilidad.....	75
3.4.2.2. Energía Digestible y Metabolizable	77
4-Conclusiones	82
5-Bibliografía	84
6-Anexos.....	97

1- Introducción

En los últimos tiempos se ha acentuado la difusión de sistemas agroforestales como prácticas alternativas de producción, particularmente el desarrollo de sistemas silvopastoriles (SSP) en los bosques secos. Estos sistemas integran dos actividades: la ganadería y la actividad forestal en una unidad de manejo. Esto implica grandes desafíos como son mantener sistemas productivos y las funciones y servicios ecosistémicos del bosque de manera sustentable. Existen múltiples opiniones sobre la compatibilidad de estas actividades, así la degradación de los bosques y sobre todo la continuidad del mismo en el tiempo presentan desafíos en la búsqueda del manejo de las interacciones positivas y negativas que esta combinación plantea.

Se ha estudiado el comportamiento de los componentes arbóreo, herbáceo (pastos) y animal en diversos SSP, particularmente en sistemas implementados con reforestaciones en regiones tropicales. Hay avances en los SSP implementados en bosque nativo, fundamentalmente en el estudio de los componentes arbóreo y herbáceo. Del estrato arbustivo, en general se ha investigado poco. Los trabajos han sido orientados a la eficiencia de métodos de control. Dentro del estrato arbustivo, identificamos a *Celtis erhergergiana* (forma arbustiva), una especie de amplia distribución y dominancia en un amplia gama de ecosistemas americanos con reportes de estudios de calidad nutritiva. En este trabajo final se pretende cuantificar su aporte nutritivo y evaluar su calidad, durante la época de crecimiento, en SSP implementados a partir de rolado y su comparación con un sistema no tratado.

A continuación se presentan los fundamentos teóricos y antecedentes que sustentan el presente trabajo final: las tierras secas como proveedoras de servicios ecosistémicos en respuesta a la creciente demanda de alimentos y provisión de bienes y servicios de manera sustentable. La búsqueda de producción sustentable con prácticas agroforestales particularmente en SSP integrando la ganadería y las actividades forestales. El caso del chaco Semiárido, los SSP implementados en bosque nativo y el rol del estrato arbustivo. *Celtis erhergergiana*, una especie arbustiva con su contribución, tanto en cantidad y calidad de forrajimasa. Posteriormente se presentan los objetivos generales y específicos, materiales y métodos, los resultados y discusión y las conclusiones.

1.1. Las tierras secas

Las tierras secas según la Convención Internacional de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CCD) se definen por tener un índice de aridez (relación precipitación anual - evapotranspiración potencial) con un rango entre 0,05 a 0,65 (Verón, Jobbágy, Bella, Paruelo, & Jackson, 2012). Comprenden un gradiente de ecosistemas que van desde desiertos a sistemas subhúmedos. Las tierras secas ocupan un 41,3% de la superficie global (~ 6,15 mil millones de ha), donde un 57% a 65% están en diferentes etapas del proceso de desertificación por causas de variabilidad climática y efectos de las actividades humanas (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005; Lal, 2004).

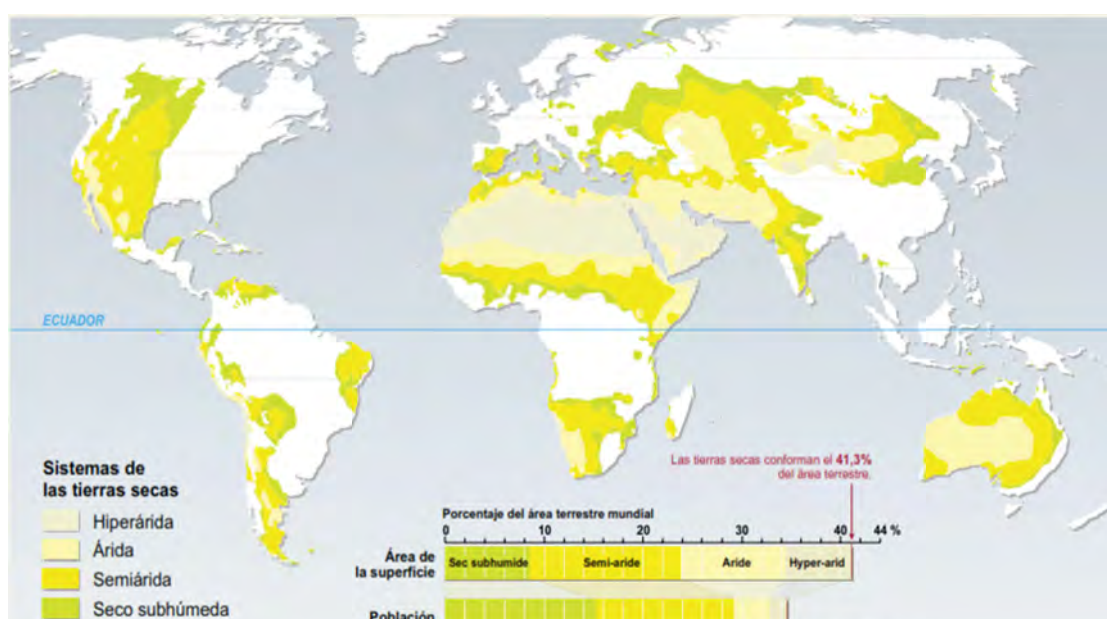


Figura 1. 1. Clasificación y distribución mundial de las tierras secas.

Los ecosistemas áridos y semiáridos proveen una variedad de servicios ecosistémicos y funciones, representan el hábitat, medio de subsistencia y bienestar de aproximadamente un cuarto de la población global (MEA, 2003). Estas áreas están sujetas al uso forestal y ganadero de la vegetación natural, y en los últimos años se incluyó el uso agrícola. La vegetación natural ha sido reemplazada por cultivos agrícolas y pasturas exóticas, a menudo trasladando prácticas culturales típicas de lugares más húmedos a condiciones marginales (MEA 2005). La ganadería en los sistemas agro-silvopastoriles, pastoriles y campesinos en las tierras secas se consideran un importante capital (Mortimore 2009). Brasil y Argentina, están entre los tres primeros exportadores mundiales de carne vacuna; el 70 % del ganado de la Argentina y del 13 % de Brasil son criados en las tierras secas (Mortimore, 2009).

El proceso de degradación en ecosistemas áridos y semiáridos está directamente relacionado con la pérdida de resiliencia de las comunidades vegetales, las cuales son proveedoras de recursos y energía en el sistema (Zika & Erb, 2009). Las causas y las consecuencias de la pérdida de resiliencia se retroalimentan constantemente. Entonces la pobreza, la inestabilidad política, la deforestación, el pastoreo excesivo y las prácticas deficientes de riego reducen la productividad de la tierra y contribuye a disminuir la calidad de vida de las poblaciones rurales, generando una mayor presión sobre los recursos naturales (Abraham, 2008; Dixon, James, & Sherman, 1989).

Entre los tipos de ecosistemas áridos y semiáridos se destacan los bosques secos, los cuales cubren el 42% de la superficie boscosa mundial; son ejemplos: el Matorral Semiárido del Norte de México, Bosques Secos del Noroeste de Pakistán, el Sahel, los Montes abiertos de la Península de Somalia, Kenia y de Miombo en África (Baldi et al. 2012), los bosques secos del Noroeste en Australia y los Bosques de Mesquite en Norteamérica. En América Latina este tipo de bosque ocupa el 22 % de la superficie forestal; son ejemplos el Chaco Seco, la Caatinga y el Cerrado (Morrone, 2001).

Los bosques secos tienen uso ganadero, como ocurre en Australia, América o África, uso forestal muy antiguo como es en África (Hamandawana, Nkambwe, Chanda, & Eckardt, 2005), o agrícola como en el sur de Asia (Baldi & Jobbágy 2012). El uso ganadero es una de las principales actividades históricas dentro de este tipo de bosques (MEA 2005), y el uso forestal se centra históricamente en la provisión de combustible de biomasa leñosa (leña y carbón), madera, que a escala regional es muy importante. La producción y el consumo involucran tanto áreas urbanas como rurales (Chidumayo & Gumbo, 2010; MEA, 2003). La convergencia de estos usos (ganadero, forestal y agrícola) en un mismo sitio plantea preguntas y conceptos que se abordan desde la Agroforestería.

1.2. Sistemas silvopastoriles (SSP)

Los SSP se clasifican dentro de las prácticas agroforestales, son una forma de uso de la tierra, una nueva conceptualización de antiguas prácticas (Nair, 1991). Agroforestería es un nombre genérico de sistemas de usos de la tierra y tecnologías, donde las especies leñosas (árboles, arbustos, palmeras, bambúes, etc) son utilizadas en una misma unidad de gestión asociadas a cultivos agrícolas y / o animales, en alguna forma de arreglo espacio-temporal. En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes

componentes (Raintree, 1990). También se define como un sistema de gestión sostenible de la tierra que incrementa su productividad, combinando la producción de cultivos (incluyendo árboles) y plantas forestales y / o animales, simultánea o secuencialmente en la misma unidad de superficie, y aplica prácticas de gestión que sean compatibles con las prácticas culturales de la población (King, 1979).

Numerosas definiciones de sistema agroforestales indican como los elementos (componente leñoso, herbáceo: cultivos o pastos, y animal) se interrelacionan en el espacio y en el tiempo (Petit, 2008). La combinación de los elementos del sistema genera una clasificación (Farrell & Altieri, 1999).

- a) Sistema agro-silvicultural: combina la producción de cultivos agrícolas y de árboles;
- b) Sistema silvo-pastoriles (SSP): los bosques son ordenados para la producción de madera y cría de ganado;
- c) Sistemas agro-silvo-pastoriles: son sistemas en que la tierra se maneja para la producción simultánea de cultivos agrícolas y forestales y cría de ganado;
- d) Sistemas de árboles forestales de uso múltiple donde los árboles se manejan para producir madera, hojas y/o frutos para alimentación humana y / o forraje

Los SSP específicamente se definen como sistemas de producción sustentable, donde árboles, arbustos y herbáceas, son combinadas sobre la misma unidad de manejo con pasturas y animales, en una determinada disposición espacial y temporal, siendo económica y socialmente compatibles con la población local (Coirini, 2009). Los SSP pueden ser implementados en plantaciones forestales o en bosques nativos. El objetivo de producción de un SSP es la producción pecuaria y ganadera (Brassiolo et al. 2007; Grulke et al. 2007). La planificación de la gestión silvopastoril organiza a largo plazo, y en base a criterios, la combinación de árboles en interacción con animales, donde el objetivo es obtener múltiples productos y/o beneficios (Etienne, 2003). Los SSP aprovechan las interacciones positivas dentro de la unidad productiva entre la ganadería y la actividad forestal, y trata de minimizar las negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y suelo. A nivel predial, los componentes manejables son la producción primaria (árboles y forrajes) y la producción secundaria (animales) a través de técnicas de manejo de ganado, forestal y suelo (Carranza & Ledesma 2004).

El uso de los SSP genera beneficios ambientales, económicos y sociales como estabilidad o mejora productiva, diversificación de la producción, contribución a la restauración de ecosistemas boscosos o la generación de servicios ecosistémicas, pero resulta difícil su manejo debido a las complejas interacciones entre componentes productivos y ecológicos (Laclau, 2012). Otro aspecto importante a tener en cuenta son los periodos temporarios de exclusión del ganado; en SSP implementados en bosque nativo, toma vital importancia el reclutamiento de individuos juveniles de especies arbóreas, el mantenimiento de distintos estratos y composición de especies leñosas (Laclau 2012; Carranza & Ledesma 2009).

1.3. El Chaco Semiárido

El Chaco es el bosque seco más extenso de Sudamérica y está compuesto por un mosaico de ambientes, que comprenden pastizales, esteros, sabanas, bañados, salitrales, sierras, ríos y una gran extensión y diversidad de bosques y arbustales xerofíticos (Morello & Rodríguez 2009; Torrella & Adámoli 2006). Dentro de la ecorregión del Chaco Seco se pueden distinguir tres subregiones, según sus condiciones climáticas: el Chaco Semiárido, el Chaco Serrano y el Árido (Torrella y Adamoli 2006). El Chaco Semiárido se extiende sobre una vasta llanura sedimentaria, modelada esencialmente por la acción de los ríos que la atraviesan en sentido noroeste-sudeste (Molina, 2006). En Argentina es la ecorregión más extensa, ocupa el Oeste de Chaco y Formosa, casi la totalidad de Santiago del Estero, el Este de Salta y Tucumán, y el Noroeste de Córdoba. Históricamente, las actividades antrópicas más comunes de la región fueron la explotación forestal (rollos, postes y leña), el pastoreo, la frecuente práctica de quemados y los desmontes para establecer pasturas y agricultura de secano (Brown et al. 2006; Morello et al. 2007; Zarrilli 2000).

Las especies arbóreas y arbustivas que componen el bosque chaqueño presentan por lo general hojas compuestas, pequeñas, coriáceas, la altura dominante no sobrepasa los 20 m y disminuye en un gradiente "hídrico" hasta alcanzar los 5 a 4 m (Renolfi 1990; Torrella & Adámoli 2005). Su estructura vertical comprende cinco estratos (Renolfi 1990), la riqueza específica de cada uno responde a la historia de uso (Biani, Vesprini, & Prado, 2005; Torrella & Adámoli, 2006).

La fisonomía típica de los bosques del Chaco Semiárido presenta varios estratos de árboles y arbustos (Ortín, 2007). El piso superior se caracteriza por la dominancia de los quebrachos colorado y blanco, (*Schinopsis lorentzii* (Schlecht) Barkl. et Meyer y *Aspidosperma quebracho*

blanco Schlecht, respectivamente), en el arbóreo se encuentran algarrobos (*Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron.) y mistol (*Ziziphus mistol* Griseb.). Las especies del estrato arbóreo intermedio son brea (*Cercidium praecox* (R. Et P.) Harms), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis* (D. Parodi) Burkart) y chañar (*Geoffraea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart) menos frecuentes. Otra característica es la presencia un estrato inferior muy denso y variado formado por arbustos que pueden llegar hasta una altura de seis metros (Brassiolo, 2005; Torrela y Adamoli, 2005). El estrato arbustivo está compuesto por diversas especies de garabatos (*Acacia* sp.), tala (*Celtis ehrenbergiana* (Klotzsch) Liebm.), atamisqui (*Capparis atamisquea* Kuntze), castela (*Castella coccínea* Griseb), piquillín (*Condalia microphilla* Cav.) y molles (*Schinus* sp.) (Araujo et al. 2008). El estrato herbáceo es el más diverso, lo integran diferentes especies de gramíneas y latifoliadas cuya composición botánica expresa el estado del sitio (Kunst, 1982).

La composición y estructura de los bosques del Chaco Semiárido responden a factores biofísicos (topografía, suelo, precipitaciones, competencia) y antrópico (manejo de los recursos e historia de uso) (Biani et al., 2005; Carranza & Ledesma, 2005; Fernández & Maseda, 2006; Molina, 2006). En el caso de la provincia de Santiago del Estero el 42 % de su superficie esta cubierta por bosques, de los cuales el 89,6% se clasificó como bosque degradado (Mariot, Reuter, Palavecino, & Zubrinic, 2010). Éstos últimos están caracterizados por la reducción de la producción de maderas y forrajes y la dominancia de especies arbustivas (Brassiolo, Renolfi, Gräffe, & Fumagalli, 1997). Dos procesos a) lignificación de las sabanas (Ledesma & Tomsic 2011), y b) supresión del estrato arbóreo superior determinan la dominancia de las especies arbustivas o fachinal (Brassiolo, 2004) resultan en la homogeneización del paisaje (Díaz 2003; Pérez-Carrera et al. 2008; Moscuzza et al. 2003; Kunst et al. 2009; Martín et al. 2006; Lorea & Kunst 2011). Entre las causas que desencadenan estos procesos se puede mencionar a la ganadería sin manejo, la extracción forestal, y el cambio de los regímenes de los disturbios naturales (Díaz 2003; Pérez-Carrera et al. 2008; Moscuzza et al. 2003; Kunst et al. 2009; Martín et al. 2006; Lorea & Kunst 2011).

A nivel nacional la agricultura y la ganadería se han extendido sobre zonas agroecológicamente marginales (Palmieri, Alarcón, & Rodríguez, 2009). La agricultura avanzó sobre las tierras con mayor capacidad productiva, históricamente dedicada a la ganadería (Viglizzo & Jobbagy 2011) generando, a su vez, que la ganadería ocupe tierras con uso tradicionalmente forestal como las zonas productoras del Litoral, el NOA y el NEA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2009; Miñón, Fumagalli, & Frasinelli, 2009; Rearte, 2007). Este proceso se ha

acentúa particularmente en el Chaco Semiárido, donde existe un avance de la ganadería de carácter “intensivo” sobre la tradicional ganadería de monte (Carranza, 2009).

Aunque el Chaco Semiárido aun conserva importantes superficies de vegetación natural, ya no quedan extensas áreas que puedan considerarse bosques primarios (Grau et al. 2011). Desde principios del siglo XX la ganadería extensiva, la extracción de madera, leña y carbón, y la caza de subsistencia (muy asociada a la ganadería extensiva) han alterados de forma severa los bosques y la estructura del paisaje (Torrella& Adámoli 2006; Grau et al. 2011; J. Morello et al. 2007). En las últimas décadas, la región ha experimentando procesos de deforestación acelerado, incremento del stock ganadero y cambios demográficos de los patrones migratorios (Paolasso, Krapovickas, & Gasparri, 2012).

El proceso de cambio de uso de la tierra, se ha acentuado en los últimos decenios, la cobertura vegetal natural del Chaco se ha transformado en cultivos agrícolas (Paruelo et al., 2006), se ha incrementado la producción de cereales, forrajes y principalmente soja (Aizen, Garibaldi, & Dondo, 2009; Paolasso et al., 2012). La dominancia del cultivos de soja, se ve favorecido por avances en la tecnología agrícola (incluyendo la siembra directa y la incorporación de cultivares de soja adaptados a ambientes áridos), la creciente demanda global de alimentos (Viglizzo& Jobbagy 2011; Morello & Rodríguez 2009) y el aumento de los precios internacionales. Este avance de la frontera agropecuaria se localiza en los sectores de mayor precipitación (Paruelo et al., 2006)

Entre los años 1997 a 2007, el NOA ha incrementado un 14% el stock ganadero debido al desplazamiento de la ganadería desde la Pampa (Paruelo & Guerschman, 2005; Viglizzo & Jobbágy, 2011). Entre 1988 al 2002 el stock ganadero en el Chaco se incremento casi un 200% (Paolasso et al., 2012). A nivel regional este incremento se localiza principalmente en las zonas donde se registra menor grado de deforestación, aunque las áreas donde el avance de la frontera agropecuaria es importante también presenta incremento del stock ganadero (Grau et al., 2011; Paolasso et al., 2012); particularmente Santiago del Estero ha incrementado casi 500.000 cabezas en el periodo 2003-2009 (Miñón et al., 2009). La expansión ganadera en el Chaco de debe a la incorporación de SSP e implantación de pasturas megatermicas de gran rendimiento forrajero (Rearte, 2007).

La región Chaqueña ha sido históricamente expulsora de población, en la provincia de Santiago del Estero durante el periodo 1914 a 2002 la reducción de la población de origen rural fue, en

términos porcentuales, superior al 50% (86 a 33%) (Paz & Jara, 2011). En los últimos años esta tendencia se modificó, la población a nivel de región a variado sus patrones tanto de crecimiento natural (incremento la tasa de 17 ‰ a 22‰ durante la década del 90) como los de emigración reduciéndose notablemente, tanto que a nivel global se observa incremento poblacional debido al crecimiento natural y la reducción de pérdida por migración (Paolasso et al., 2012).

La población rural esta asociada a la producción primaria y representa en la estructura agraria el tipo de pequeños productores que desarrollan sus actividades en base a mano de obra familiar, con producción de subsistencia basada en la cría extensiva de ganado mixto (vacuno y caprino principalmente), con nula o escasa tecnificación y con una precaria situación en cuanto al aspecto legal de tenencia de tierra (Bachmann, Daniele, Mereb, & Frassetto, 2007). Este sector productivo, en Santiago del Estero, ha experimentado un leve crecimiento tanto en número de unidades productivas como en la cantidad de cabezas de los diferentes tipo de ganado (Paz & Jara, 2011). Actualmente es a nivel nacional la provincia que concentra el mayor stock de ganado caprino (17,4 %) y el mayor numero de productores caprinos (28,8%) con 13454 productores (Lamadrid, 2010). Sin embargo, debido a los procesos que han modificado la estructura agraria de la región, este sector se ve amenazado por el avance de la frontera agropecuaria, otras provincias como Córdoba presentan una reducción del stock de ganado caprino principalmente debido a la expulsión de campesinos (Silvetti, 2012).

Este nuevo escenario de cambio implica que el conflicto entre la producción de alimentos y la conservación de la naturaleza se superpone con uno entre productores capitalistas (orientados a economías globales de mercado) y productores tradicionales (con economías mixtas entre subsistencia y mercados locales), entre estos últimos se encuentran varias de las principales poblaciones indígenas y campesinas de Argentina, caracterizadas por niveles de marginalidad y pobreza elevados (Grau & Aide, 2008; Longhi, 2011; Paolasso et al., 2012). El principal problema que atraviesan estos últimos es la expulsión de sus tierras y la concentración de las actividades productivas en sectores marginales (Cattania, Rodríguez, & Rivas, 2011)

La fragilidad de los ecosistemas del Chaco Semiárido y la falta de pautas de manejo adecuadas, hacen que su capacidad productiva y la resiliencia de las comunidades vegetales se vean profundamente afectada, (Morello & Saraia Toledo 1959; Sarmiento 1963; Anderson et al. 2011). En esta situación es necesario considerar modelos de manejo forestal que incluyan la actividad ganadera dentro de los sistemas productivos integrados en sistemas agroforestales,

particularmente en sistemas silvopastoriles (Brassiolo, 2004; Dayenoff, Gallego, & Aguirre, 2003; Mahecha, 2002).

1.3.1. Los SSP en el Chaco Semiárido.

La habilitación de tierras para la ganadería, generalmente, se efectúa a partir de desmontes totales, seguida de la siembra de pastura y empleo opcional de fuego para limpieza de residuos. (Radrizani Bonadeo & Renolfi 2006; Kunst et al. 2008). Otra forma es el sistema silvopastoril, uno de los diseños es el del Parque que consiste en dejar árboles distribuidos solitariamente en el potrero (Renolfi 2007). Este nuevo paisaje de árboles adultos aislados y pastizal de pasturas megatermicas de alta producción, donde el estrato arbóreo cumplen el único rol de proveer sombra al ganado, se ha difundido como SSP en amplios territorios chaqueños (Carranza & Ledesma 2009). La cantidad de árboles remanentes obedece a la estructura de la vegetación natural existente, la tecnología utilizada, los costos operativos, el marco legal y el objetivo productivo de la habilitación (Renolfi 2008). Otros diseños recientemente difundidos en la región chaqueña son: arboles en faja y en bosquetes (Renolfi 2007; Brassiolo et al. 2007; Grulke et al. 2007).



Figura 1. 2. Vista de un SSP típico de diseño tipo parque.

La implementación de un SSP esta regulada por las leyes nacionales y provinciales; particularmente la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley 26331/2008) no define SSP, pero habilita su instalación en las áreas de bosques con categoría II y III como forma de Aprovechamiento Sostenible¹. La Ley provincial 6814 de “Conservación y uso múltiple de las áreas forestales de Santiago del Estero” define como “*Sistemas Silvopastoriles*: a sistemas de producción integrados donde los árboles y arbustos interactúan con especies forrajeras con la finalidad de producir productos pecuarios y forestales” (Ley 6841, 2007). Según las Zonas la implementación se realiza mediante desmontes parciales o desarbustado (Brassiolo et al. 2007), esto genera como diseño la concentración del 50% de cobertura boscosa en fajas o bosquetes alternados con pasturas ó la distribución en todo el lote tratado del 100% de cobertura arbórea respectivamente. El desarbustado tiene como objetivo aumentar la oferta forrajera; existen distintos métodos para realizarlo: químico, mecánico, fuego y sus combinaciones. Una de las técnicas mecánicas actualmente mas empleadas para realizar el desarbustado es el “rolado”.

La cobertura arbórea en un SSP brinda una serie de beneficios (Radrizani Bonadeo & Renolfi 2006), como abrigo al ganado, forraje, mayor biodiversidad, protección del suelo y mayor productividad (Costanza & Neuman, 1993; Torres, 1983). La cobertura arbórea en ambientes semiáridos crea un microclima que mejora el bienestar animal, aumentando las horas de pastoreo y disminuyendo la energía de mantenimiento y el consumo de agua (Arroquy, 2008). Además protege el suelo mejorando el balance de agua, incide positivamente en la germinación, producción y calidad nutritiva de forrajimasa de algunas especies de pastos exóticos y nativos (Díaz 2003; Kunst et al. 2008; Arroquy 2008)

¹ La Reglamentación del Artículo 9° de la Ley 26331 indica “Las actividades a desarrollarse en la Categoría II, deberán efectuarse a través de Planes de Conservación o Manejo Sostenible, según corresponda”. El Artículo 4° define: “Manejo Sostenible: A la organización, administración y uso de los bosques nativos de forma e intensidad que permita mantener su biodiversidad, productividad, vitalidad, potencialidad y capacidad de regeneración, para atender, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes en el ámbito local y nacional, sin producir daños a otros ecosistemas, manteniendo los Servicios Ambientales que prestan a la sociedad.

1.3.1.1. Los SSP habilitados mediante rolado

El “Rolado” es un tratamiento agronómico que consiste en el pasaje de un rolo traccionado por tractor o topadora en el que el rolo “aplata” el fachinal y deja en pie las leñosas de mayor diámetro, y puede ser acompañado con siembra de gramíneas subtropicales (Ej. *Panicum maximum* cv green panic ó *P. maximum* cv Gatton panic). El resultado es un “parque” compuesto por leñosas y pasto, y este tratamiento se asume desde el punto de vista ecológico como una perturbación (Kunst et al., 2008).



Figura 1. 3. Vista de un SSP habilitado mediante rolado.

Entre los factores modificados por esta perturbación, en el medio edáfico sobresalen el contenido de materia orgánica y propiedades físicas y químicas (balance de agua e infiltración, porosidad, balance N:P). El rolado tiene como efecto inmediato una modificación en el balance del agua porque afecta temporalmente el proceso de infiltración y por ende la calidad del suelo. El efecto sobre la infiltración poseería una duración menor a un año, por lo que se concluye que el proceso de infiltración sería resiliente (Kunst et al. 2003). También se encontró

que ocurren importantes cambios en los componentes del balance de agua, disminuyendo marcadamente la evapotranspiración y aumentando la cantidad de agua total almacenada en el suelo. Si bien es sabido que después de la aplicación del rolado, la biomasa de pastos puede aumentar hasta un 300 % (Blanco et al., 2005; Guevara et al., 2009), este aumento parecería no ser suficiente para compensar la caída de la evapotranspiración por ausencia de la vegetación leñosa (Marchesini, Sobrino, Hidalgo, & Di Bella, 2009). Por otro lado, se indicó que según el tipo y composición de cobertura vegetal que exista, el contenido de agua en el suelo y la infiltración (inical y básica) tiene un comportamiento diferente (Albanesi, 2012)

Hay reportes de disminución de valores de carbono orgánico total (COT) cuando se rola y se siembra green panic, particularmente en el segundo año; estos valores se restablecen a partir de 4° año de implantada la pastura. Otros reportes indican que el rolado y la posterior clausura durante 2 estaciones de crecimiento permiten el aumento de valores de COT y nitrógeno total (NT) por un mayor aporte del mantillo. Sin embargo en sitios rolados, con siembra de gatton panic y pastoreados durante 4 años disminuye el COT, por la cosecha de biomasa en el pastoreo (Albanesi, 2012). No obstante, si comparamos con otras prácticas como el desmonte, mediante el uso de topadoras, el rolado tiene un menor impacto negativo. El desmonte genera un proceso de degradación del suelo más importante porque la capa arable se reduce entre el 100% (Boletta, Ravelo, Planchuelo, & Grilli, 2006) y el 60% (Ramsperger, 1992).

La habilitación de sitios con rolado plantea un diferencia negativa en el stock de biomasa, que luego se recupera e incluso puede llegar a ser mayor en términos de producción primaria neta aérea (PPNA) frente a un sistema no intervenido. Este tratamiento genera aumentos entre el 100% y el 300 % respecto de la oferta inicial de materia seca de gramíneas, lo que incrementa significativamente la receptividad de los potreros tratados (Fumagalli & Kunst, 2002; Kunst et al., 2003, 2009). Respecto al componente arbóreo se reporta un efecto positivo sobre el área basal, con incrementos de alrededor del 4% en sitios con rolados, siendo la liberación de espacio de crecimiento una de las causas. La combinación de rolado con corta forestal, mejora la calidad productiva del sistema (Carranza, Pietrarelli, Ledesma, & Balzarini, 2000; Navall, 2012). Se evaluó los efectos sobre la riqueza y la abundancia de especies vegetales y se encontró que: a) en sitio con una fisionomía de bosque, hay un aumento de la riqueza de especies y disminución de la dominancia, b) cambio de la dominancia en el estrato herbáceo (Kunst, Ledesma, Bravo, Albanesi, & Godoy, 2012) y c) cambio en la distribución de las abundancias de especies en el estrato arbustivo (Rueda & Gómez, 2012).

Para la regeneración en sitios con altos valores de densidad (2318 ind/ha) los efectos del rolado no demostraron graves implicancias para estructura del bosque porque el número de individuos con daño leves superan el umbral mínimo (Gómez, Kunst, & Navall, 2009; Navall, 2008), este efecto se mantiene en sitio tratados con desarbustado manual (Nai Bregaglio, Karlin, & Coirini, 2001), pero para sitios con regeneración baja el efecto se desconoce.

La implementación de SSP genera un cambio en el balance de los recursos que incide en la población de las especies presentes. Esta perturbación tiene efectos diferentes sobre la comunidad vegetal, dependiendo de la forma de vida (árbol, arbusto o hierba) la respuesta depende de características intrínsecas específicas. Se ha estudiado los cambios en el estrato arbustivo como respuestas a desarbustado, pastoreo y rolado (especies más abundantes). Éste último, remueve parcialmente biomasa aérea y produce baja mortalidad diferencial de arbustos en función de la especie. Se hace necesario entonces determinar los parámetros estructurales del estrato arbustivo en sitios rolados y no rolados.

1.4. Funciones productivas y ambientales del estrato arbustivo

El bosque chaqueño semiárido tiene tres estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo (Cabrera, 1976), siendo el arbóreo y herbáceo los más frecuentemente usados con fines productivos. Sin embargo, el arbustivo cumple funciones productivas y ambientales que no se deberían desestimar, entre ellas:

- i. Producción de forraje: estudios indican que hay especies arbustivas y subarbustivas que se destacan por su calidad nutritiva forrajera y tienen importancia en épocas críticas de la producción de forraje gramíneo nativo (bache forrajero), sin embargo no ofrecen grandes volúmenes de forraje, (Martin, 2008; Scarpa, 2007; Squeo, y otros, 1999; Zaraqou, 1984; Torres, 1983).
- ii. Ciclado de nutrientes: la presencia del estrato arbustivo hace más eficiente el aprovechamiento del agua y de los nutrientes del suelo (García Ortiz 2006; Carranza 2009; Squeo, y otros 1999), aporta materia orgánica al sistema acumulada fundamentalmente en el mantillo (Abril et al. 1993; Pérez et al. 2007; Abril et al 2008).
- iii. Biodiversidad un sistema de tres estratos aporta estabilidad del sistema, no solo por la presencia del estrato arbustivo, sino por el hecho de aportar a la diversidad de nichos para otras especies vegetales y animales. En algunos ambientes los arbustos tienen efecto “nodriza” sobre la regeneración de numerosas arbóreas (Brassiolo, 1997) y éste efecto es más marcado mientras más aumenta la aridez (Boeto, Barchuk, & Leiva, 2008), aunque

algunos reportes indican que la germinación de algunas especies se ve afectada por el balance negativo entre la facilitación-competencia (Tálaro et al., 2008).

Las especies leñosas arbustivas tienen propiedades alimenticias muy interesantes (Larbi et al. 2008; Rossi et al. 2008; Bregaglio, 1999), estas propiedades de calidad nutritiva que se encuentran en balance adecuado de niveles de proteínas y digestibilidad particularmente en épocas del año en que los pastos nativos disminuyen su contribución en cantidad y calidad a la forrajimasa del sistema (Guevara et al. 2009). Aportan nutrientes y compuestos secundarios, como taninos, que según los niveles y características pueden ser benéficos o antinutricionales (Rossi et al. 2009; Arroquy 2008). El uso de técnicas de estudio y evaluación de hábitos dietarios de herbívoros, han permitido identificar las especies arbustivas que contribuyen a la alimentación animal, época más importante de su aprovechamiento y la producción de materia seca por superficie ($\text{kgMS}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Martin 1999). Se ha demostrado que proveen al ganado caprino entre el 50 y 80 % de su dieta y hasta un 30% al ganado vacuno (Miñón, Fumagalli, & Auslender, 1991)

La presencia de las especies arbustivas en los SSP tienen también aspectos negativos como la difícil transitabilidad y baja receptividad, además de la competencia con los árboles (Navall 2012) y las pasturas por espacio, agua y nutrientes (Kunst et al, 2003). Desde el punto de vista agronómico, las especies leñosas se comportan como malezas con lo cual su erradicación o control siempre tendrán un éxito relativo. La persistencia de las especies leñosas es una consecuencia natural de las acciones dirigidas a manipular la composición del pastizal (Fernández & Maseda, 2006)

A nivel predial la composición de especies arbustivas, sus “síndromes” de adaptación y las circunstancias en las que aparecen, pueden usarse como herramientas para entender qué procesos están operando en el ambiente. Por eso, deberían considerarse como parte de la información necesaria para tomar mejores decisiones (Fernández & Maseda, 2006). En los bosques del Chaco Semiárido que están bajo diferentes usos, con diferentes estados de conservación, el estrato arbustivo representa casi el 50% de las especies (Giménez & Hernández 2008). Las especies más frecuentes y dominantes pertenecen a los géneros *Celtis*, *Acacia* y *Capparis* (Brassiolo et al. 2008; Bregaglio 1999). En cuanto a calidad nutritiva, *Celtis* junto a *Bulnesia foliosa* presentan características óptimas con un balance adecuado de niveles de proteína y digestibilidad (Rossi et al. 2008).

En un contexto productivo el manejo del fachinal tiene dos enfoques, el primero es un modelo cuyo objetivo es la erradicación de los arbustos, mientras que el segundo corresponde a un sistema de manejo integral de los arbustos. El primer enfoque usa generalmente equipos pesados y productos químicos, presenta como inconveniente una alta severidad en la vegetación y en el suelo. Los resultados de este enfoque no son tan exitosos principalmente debido a la ecología de las leñosas y a la alta frecuencia de tratamiento que implica incrementos en los costos de mantenimiento. El segundo enfoque valoriza los servicios ecosistémicos, usa tratamientos de baja intensidad como el rolado e integra aspectos culturales - ecológicos y de manejo (Ledesma & Tomsic 2011; Kunst & Ledesma 2006). Las prácticas apropiadas se adecuan al contexto socio-productivo, a las características del sitio y de las especies a tratar (Berti 1997) (Ledesma & Tomsic 2011; Kunst & Ledesma 2006).

La adopción de prácticas silvopastoriles provee beneficios socioeconómicos y ambientales, tanto a nivel local como global (F.A.O., 2008), porque los sistemas de producción que integran al componente arbóreo protegen su productividad. Una proporción adecuada de árboles y arbustos proporciona abrigo y forraje al ganado con frutos y hojas, y mitigan la exposición del suelo a agentes climáticos (Costanza & Neuman, 1997; Torres, 1983). De igual manera, el componente arbóreo contribuye a desarrollar sistemas ganaderos más fuertes, propiciando el uso de múltiples recursos ambientales (Fumagalli & Kunst, 2002; Miñón et al., 1991; Radrizani Bonadeo & Renolfi, 2006)

1.5. Estudio de la Forrajimasa de Leñosas

La receptividad ganadera o capacidad de carga de un sitio depende principalmente de la oferta de forraje. La cantidad máxima de animales que un área puede sostener, sin degradar los recursos forrajeros, manteniendo el nivel de producción apropiado con sus objetivos productivos y las opciones de manejo disponibles (Dankwerts 1989; Society for Range Management 1989; Holechek et al. 1989; Scarnecchia 1990), esta estrechamente ligada a la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) de los ecosistemas (McNaughton et al. 1989; Sala & Austin 2000). La relación entre la demanda por parte del ganado y la oferta de forraje del sitio se conoce como balance forrajero, es una herramienta de diagnóstico. Pese a su importancia, no existen técnicas universalmente aceptadas y confiables para estimar la receptividad, lo que implica estimar la oferta forrajera. Una de las causas es la variabilidad espacio temporal de la PPNA, además los métodos de evaluación existentes por lo general se adecuan a las características estructurales de las comunidades vegetales para las cuales fueron diseñados,

pero se encuentran dificultades operativas cuando se los quiere utilizar en otros sitios (Golluscio et al. 2009).

Se define como forraje a toda parte de la planta, que puede proveer alimento a los animales en pastoreo o ser cosechada para su alimentación (Ferret, 2003; Wilkins, 2000), incluye hierbas, heno, ensilaje, partes comestibles de árboles y arbustos (Barnes & Baylor, 1995). El aporte de forraje en los sistemas áridos y semiáridos proveniente de las leñosas es importante (Kunst 1982; Díaz 2007; Ortín 2007; SAAST 1983). Los recursos forrajeros pueden ser espontáneos o de emergencia. Los vegetales nativo o exóticos, que crecen espontáneamente y son consumidos se consideran forraje espontáneo, y las especies consumidas en situaciones de escasez de oferta forrajera son recursos forrajeros de emergencia y son importantes para la supervivencia de los animales (Díaz, 2007). Por ejemplo en el invierno, las hojas, los frutos y la hojarasca son la fuente de alimentación del ganado domestico (Martin, 1993, de la Orden, 2001, Renolfi y Degano)

La fuente de forrajes en los sistemas ganaderos del Chaco Semiárido son a) Pastizales naturales y b) Pasturas perennes implantadas, estos se caracterizan por marcada variabilidad temporal (intra e interanual) en la producción de materia seca y heterogeneidad espacial (Blanco, 2010). Los pastizales naturales en el Chaco presentan especies forrajeras de distintos tipo: gramíneas, graminoides, hierbas o latifoliadas, leguminosas, árboles y arbustos ramoneables. Estas especies nativas proveen diferentes tipos de forraje: follaje, hojarasca, ramones, frutos y flores (Ortín, 2007). Las características nutritivas de los mismos dependen del estado fenológico de la planta y de la especie particular. En general los árboles y arbustos comparados con los pastos, proveen forraje con mayor contenido de proteínas y fósforo y mayor digestibilidad (C. A. Rossi, González, Lacarra, Pereyra, & Chagra Dib, 2001).

1.6. Importancia de tala en los sistemas silvopastoriles del Chaco Semiárido

La familia Celtidae comprende nueve géneros y 150 especies, dentro de ella se encuentra el género *Celtis*, es uno de los más ampliamente difundidos a nivel mundial (ver Figura 1.4). Este género comprende cerca de 70 especies de árboles y arbustos caducifolios cosmopolitas, se distribuyen en el Sur de Europa, Sureste de Asia, Sur y Centro de Norteamérica, Sur de Sudamérica, Sur a Centro de África.

Celtis ehregeriana (forma arbustiva) es una especie ampliamente difundida en varias ecorregiones semiáridas de las Américas, según una reciente revisión del género (Berg & Dahlberg, 2001), la especie *Celtis pallida* var. *pallida* (Torr.) M.C. Johnst es sinónimo de *C. ehrebergiana* (Klotsch) Liebm (Perrotta & Arambarri, 2010). Esta especie puede presentarse como arbusto o árbol espinoso, de 4-12 m altura, de follaje caducifolio, con hojas simples, pinnatinervadas, de textura subcoriáceas, forma lámina aovada, elíptico-aovada, de 0,8-3,5 cm longitud x 0,5-2 cm ancho. Tiene amplia distribución geográfica, en Argentina es integrante de las ecorregiones del Chaco Seco, Espinal y Monte (Pensiero, Muñoz, & Martínez, 2005).

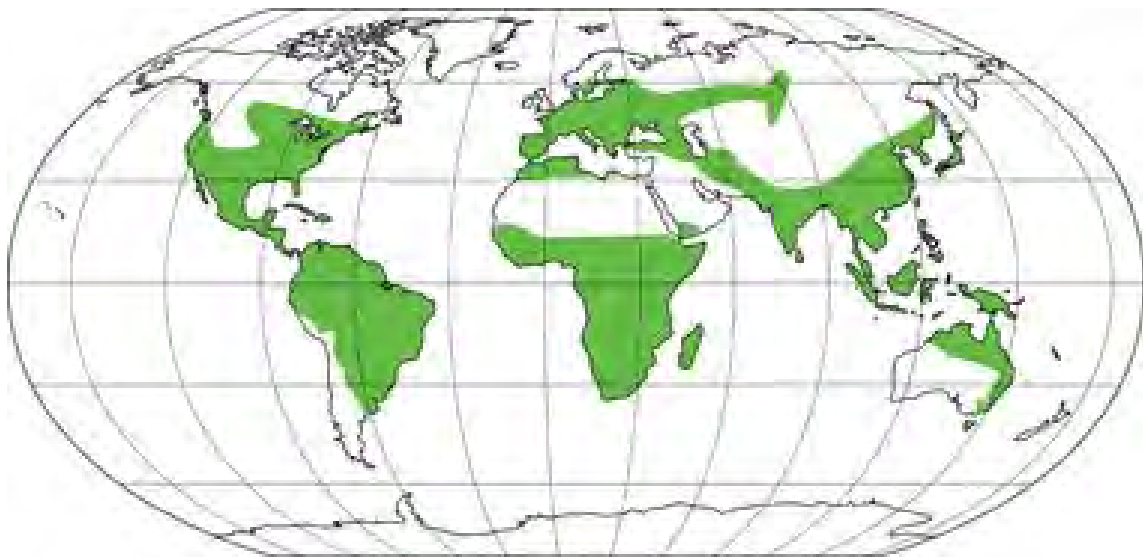


Figura 1. 4 Distribución natural del género *Celtis* en el mundo.

Entre los usos más comunes del tala encontramos el medicinal (Arambarri et al., 2011; Quiroga, Meneses, & Bussmann, 2012) forrajero, apícola y alimentación humana (Rossi et al. 2008). Esta estudiada su calidad nutritiva respecto a otras especies arbustivas (Martín, Chagra, Nicosia, Lagomarsino, & Aguilar, 1997; Martín, Mainardi, Carlino, & Nicosia, 2001; Martín, 2007), se tiene información respecto a la producción de biomasa total de tala (Pece et al. 2003), no así de la biomasa forrajera, en sistemas silvopastoriles

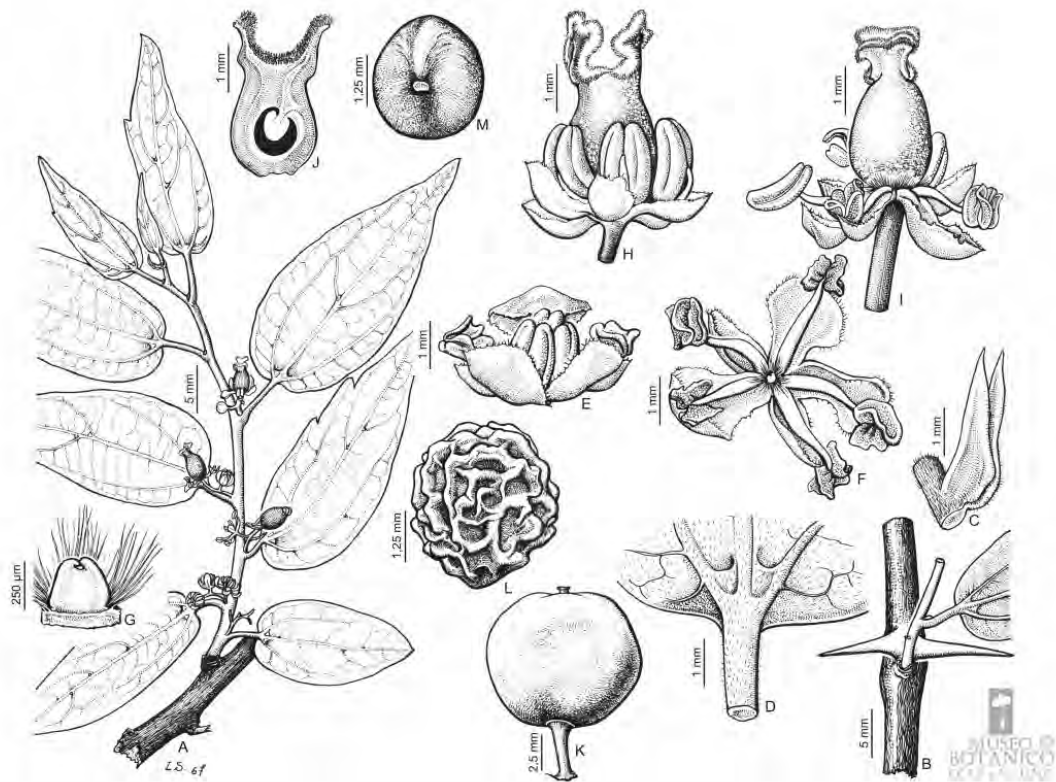


Figura 1. 5 *Celtis ehrenbergiana*. A: Detalle de ramas florales, B: espinas, C. Estipulas, D. Base de la hoja, E y F. flor, G. Gineceo, H. Flor, I.. Fuente: Flora del cono sur

Teniendo en cuenta el estado de degradación de gran parte de los ecosistemas chaqueños y asumiendo como marco el importante desarrollo de la ganadería extensiva en el Chaco Semiárido, tanto en el tiempo como en el espacio, y por las potencialidades que el estrato arbustivo aporta a los SSP, es fundamental conocer, identificar y determinar los servicios ecosistémicos que brindan las especies leñosas arbustivas requiriéndose entre otras necesidades, conocer en términos cuantitativos y cualitativos la disponibilidad de la forrajimasa. Esto sirve para mejorar técnicas de manejo y producción en sistemas silvopastoriles, afrontar el periodo del “bache forrajero” (falta de forraje en la época seca) y complementar las estrategias de pastoreo. Los métodos que determinan el aporte de las gramíneas están desarrollados y extensamente difundidos; mientras que los aportes provenientes de otros vegetales como las especies arbustivas leñosas no lo están. Al respecto, existen antecedentes para sistemas secos en el mundo de determinación de biomasa total de especies arbustivas, desarrollo de metodologías y estudios en la calidad de la forrajimasa. A escala regional existen estudios exploratorios sobre la dieta bovina y caprina que incluyen algunas especies arbustivas de la región chaqueña, hay determinaciones de la calidad nutritiva de biomasa foliar varias especies arbustivas, siendo un nuevo desafío la cuantificación de la

forrajimasa de *Celtis ehrenbergiana* (Klotsch) Liebm por su amplia dispersión y antecedentes de calidad nutritiva de biomasa foliar.

1.7. Objetivos

1.7.1- Objetivo general

Cuantificar el aporte de biomasa forrajera y evaluar la calidad nutritiva del “tala”, *Celtis ehrenbergiana* (Klotsch) Liebm. en sistemas silvopastoriles del Chaco Semiárido durante la época húmeda

1.7.1. Objetivos específicos

1 - En sitios con dos tratamiento de rolado y un sitio testigo se planteo caracterizar el estrato arbustivo, determinando composición florística de las especies arbustivas, área mínima, y su estructura horizontal.

2 - Seleccionar la especie a estudiar (forrajimasa)

3.-Cuantificar la producción de forrajimasa del tala, en la estación de crecimiento, y evaluar la calidad forrajera de la forrajimasa del tala durante la estación húmeda. Se plantea:

a) generar, ajustar, y probar ecuaciones para estimar biomasa forrajera para consumo de ganado bovino y caprino

b) analizar el valor forrajero de tala.

1.8. Organización del trabajo final

El presente trabajo final se divide en las siguientes secciones, la primera correspondiente a la introducción general donde se contextualiza el problema que aborda el presente trabajo final, pilares teóricos, antecedentes y objetivos. El segundo capítulo describe los materiales y métodos, se detallan el área de estudio y la metodología general que corresponden al cumplimiento de los objetivos específicos planteados. La tercera sección presenta los resultados correspondientes a los objetivo específico, mediante la determinación del área mínima, la composición florística, y la densidad y altura de las especies arbustivas de un sistema silvopastoril habilitado por medio de un rolado; los resultados que responden al segundo objetivo específico, mediante cosecha de individuos de tala estratificados por altura, para determinar mediante regresiones, la forrajimasa de tala disponible para ganado vacuno y

caprino y con análisis de laboratorio su calidad. La cuarta sección integra la información de los capítulos anteriores, genera conclusiones y plantea líneas futuras de investigación. En la Sección quinta y sexta se presentan las referencias bibliográficas y los anexos respectivamente.

2- Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

2.1.1. Ubicación Geográfica

El estudio se realizó en el Campo Experimental La María ubicado sobre Ruta Nacional N° 9, Km. 1109, Departamento Capital, Santiago del Estero, Argentina. Lat. 28°01'00"S, Long. 64°13'00"O, 169 msnm. (Figura 2-1).



Figura 2. 1 Ubicación Geografica del Campo Experimental La Maria y del Area de Estudio

2.1.2. Clima

El clima en el área de trabajo está caracterizado como semiárido subtropical (Morello & Adámoli, 1974), las temperaturas máximas medias anuales oscilan entre 25 y 32.3 °C y las mínimas entre 10 y 16,9 °C, con máximas absolutas de 45 °C en verano y mínimas absolutas de hasta - 10 °C en invierno. Las precipitaciones tienen un régimen monzónico, su distribución es heterogénea con un periodo marcadamente lluvioso (octubre a abril) y uno seco (mayo a septiembre) del orden de los 550 mm (Ragonese & Castiglioni, 1968).

En el periodo octubre de 2008 a marzo de 2009, las precipitaciones se presentaron menores al promedio (Figura 2.2)

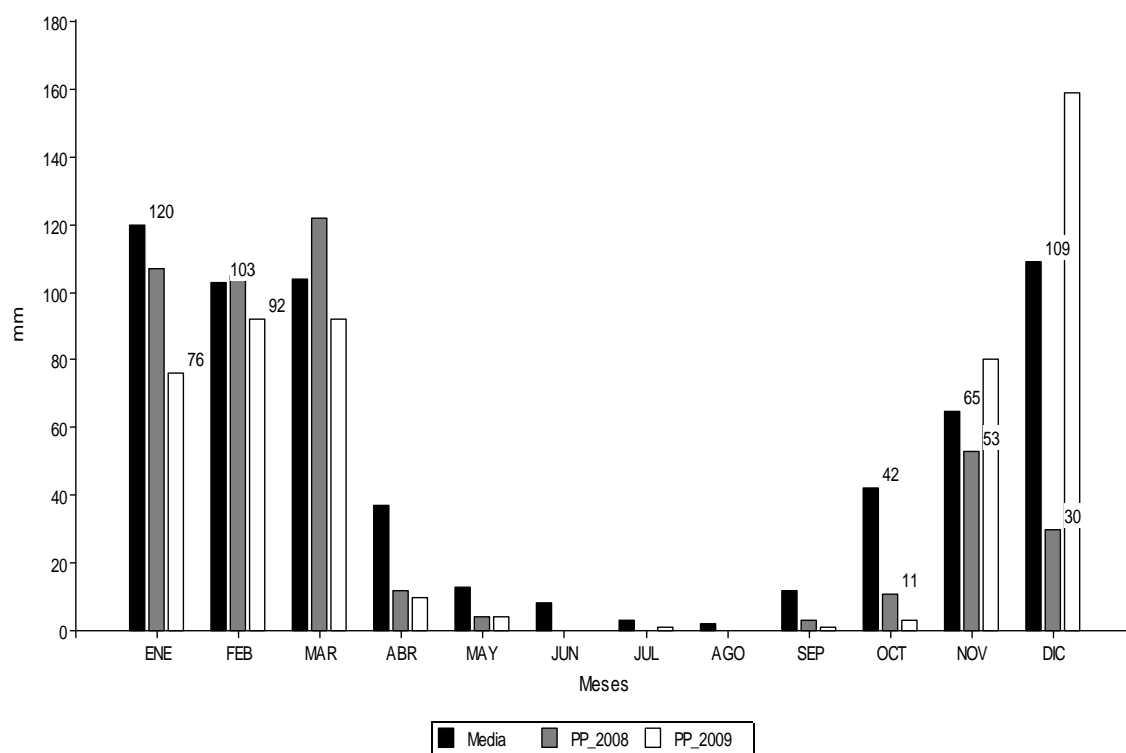


Figura 2. 2: Registro de las precipitaciones en el Campo Experimental La María durante el periodo 2008-2009 y el promedio mensual (INTA, 2012). Los números en la barra indican la lámina medida durante el periodo de crecimiento estudiado y los valores promedios mensuales.

2.1.3. Suelo

A escala local, los suelos y la vegetación del Campo Experimental “La María”, se distribuyen a lo largo de un gradiente topográfico desde un sitio “alto”, con suelos de textura gruesa y bosque de *Aspidosperma quebracho blanco* y *Schinopsis lorentzii*, hasta la sabana de *Elionorus muticus*

(aibe) en el sitio bajo, con suelos de textura más fina y con mayor desarrollo (Anriquez et al., 2005).

Los suelos de la serie “La María” fueron clasificados como *Haplustoles torriorténticos* (Angueira, Prieto, & Lopez, 2007), se desarrollaron sobre sedimentos eólicos de la planicie de la Bajada Distal Ancasti-El Alto (Lorenz, 1995). El sedimento loésico tiene una composición mineralógica de feldespatos, cuarzo, micas y cenizas volcánicas, y un contenido de carbonatos alrededor de 2% (Lorenz, 1995). Presentan textura franco limosa (12% de arcilla, 64 % de limo y 24 % arena), la secuencia de horizontes es A-AC-C con 1 a 2 % de carbonatos de calcio a partir de los 50 cm (Horizonte C). La densidad aparente promedio de estos suelos es de 0,9 g.cm³ aproximadamente (Anriquez et al., 2005). Poseen moderado a buen contenido de materia orgánica (2-3 %), bajo contenido de nitrógeno total (0,10 %) y relación C/N en 10 (Angueira et al., 2007). En general en estos suelos la limitante principal es la baja capacidad de almacenamiento de agua y la restricción climática (Angueira 2007).

2.1.4. Vegetación

El área de estudio se ubica dentro del Gran Chaco Sudamericano y pertenece a la ecoregión denominada Chaco Semiárido. La cobertura vegetal del Chaco comprende una vasta región de bosques xerofíticos y espinosos, densos, abiertos hasta sabanas, generalmente dominados por especies del género *Schinopsis* (Biani et al., 2005).

El bosque alto de La María tiene alrededor de 246 ind/ha, estos individuos se distribuyen en pisos o estratos, que están caracterizados por la presencia de ciertas especies; a) en el estrato arbóreo alto el quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) representan las especies dominantes (77% del Área Basal); b) en el intermedio están presentes: algarrobo negro (*Prosopis nigra*), mistol (*Zizyphus mistol*) y brea (*Cercidium praecox ssp praecox*), estas tres especies suman 40% de la densidad; y c) en el piso arbustivo están presentes diversas especies de garabatos (*Acacia sp.*), tala (*Celtis ehrenbergiana*), atamisqui (*Capparis atamisquea*), castela (*Castella coccinea*), piquillín (*Condalia michophylla*), molles (*Schinus sp.*); d) en el estrato herbáceo se identificaron especies gramíneas pertenecientes a los géneros *Setaria*, *Gouinia*, *Digitaria* y *Tricloris*, y entre las especies latifoliadas se encuentran presentes *Abutilon sp.*, *Eupatorium squarrosus*, *Justicia squarrosa*, *Lantana xenica*, *Sida dictyocarp*, *Trixis sp*, *Tweedia sp.*, *Urvillea sp.*, *Wissadulla densiflora* (Araujo, Iturre, Acosta, & Renolfi, 2008; Araujo, 2007; Brassiolo, Renolfi, Araujo, Fumagalli, & Pranzoni, 2000).



Figura 2. 3 Vista de la Estructura del Bosque del Chaco.

2.2. Descripción del sitio de estudio

El sitio de estudio se realizó en el “Ensayo de Rolado III”. Este se localiza en un lote de bosque “alto” en el área de secano del campo experimental “La María”. En agosto de 2006, fue dividido en 24 parcelas (2,5 ha c/u) y recibió los siguientes tratamientos: a) Rolado 1 (R1) consiste en una pasada de rolo y siembra simultánea de 5 kg/ha-de semillas de Gatton panic (*Panicum maximum cv gatton panic*); b) Rolado 2 (R2) dos pasadas de rolo, a 45° entre si con siembra simultánea de la misma pastura, y c) Testigo (T) sin tratamiento en la parcela (Kunst et al., 2009). A su vez 12 parcelas recibieron pastoreo rotativo diferido y aprovechamiento forestal. Los muestreos para este trabajo se desarrollaron en las parcelas con tratamientos de rolado sin pastoreo y sin aprovechamiento. (Figura 2-4).



Figura 2. 4 Vista del Ensayo de Rolado III del Campo Experimental “La María”. T: Testigo, R1: Rolado una pasada, R2: Rolado doble pasada. ✦ Parcelas de Muestreo

2.3. Metodología General

En este trabajo los materiales y métodos organizados según etapas de trabajo de cada objetivo específico se presentan en el esquema que se muestra a continuación (Figura 2-5).

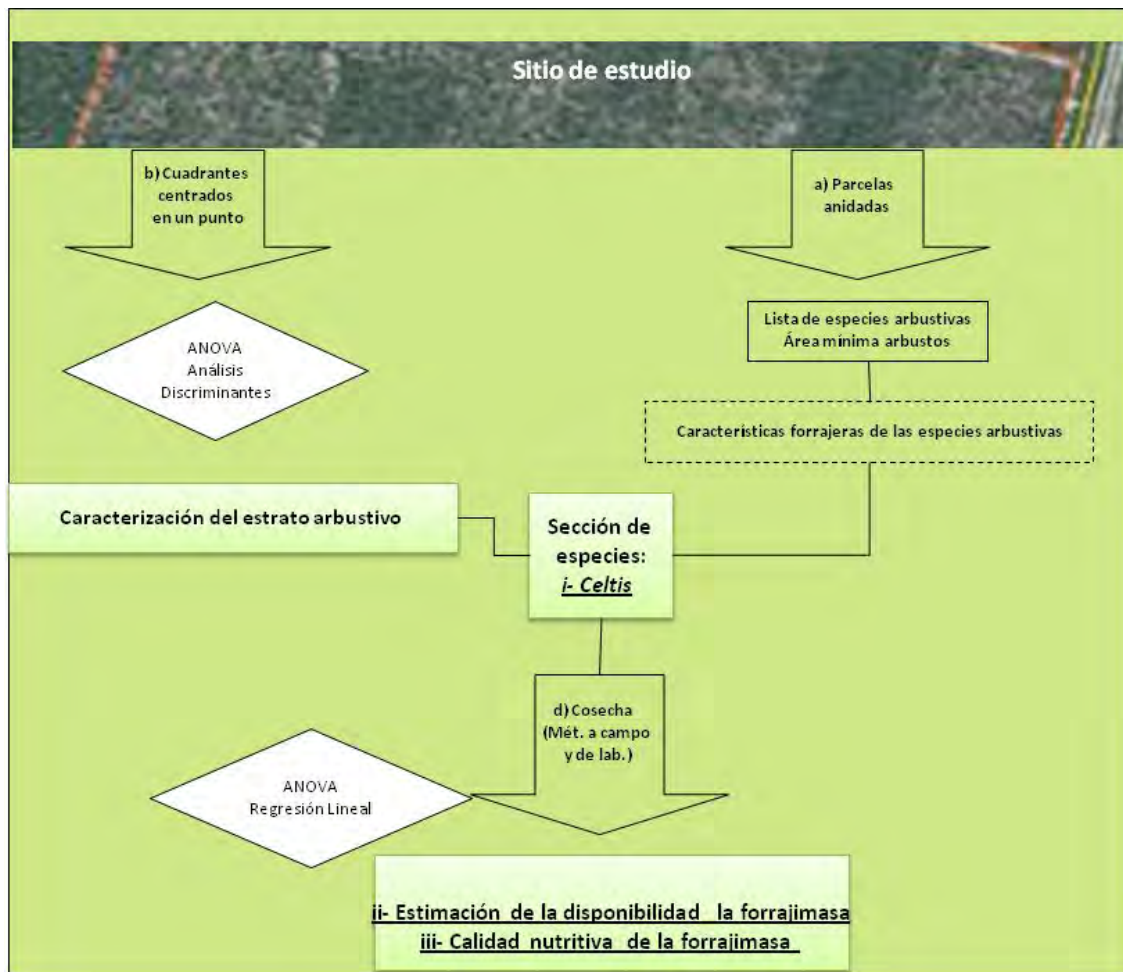


Figura 2. 5: Esquema de la metodología general del trabajo. Presenta métodos organizados según etapas de trabajo y objetivos (en flechas), bases de datos (en recuadros) especificando cuales sirvieron como criterios de selección (recuadros de líneas punteadas), y parámetros obtenidos (en cuadrados de verde y texto subrayado). El procesamiento de datos en cada etapa (rombo fondo blanco).

A continuación se describe la metodología utilizada en cada etapa del trabajo.

2.3.1. Caracterización del estrato arbustivo

El presente trabajo se realizó en el tercer ciclo de crecimiento post-disturbio. El periodo de muestreo comprendió los meses de Octubre – Noviembre - Diciembre de 2008. Como se describió en 2.2, en el sitio de ensayo se seleccionaron las parcelas con menor disturbio correspondiendo a los siguientes tratamientos: rolado uno (R1), rolado dos (R2) y testigo (T). La baja intensidad de disturbio está dada por la ausencia de pastoreo con ganado vacuno y corta forestal. El total y tipo de parcelas muestreadas varió según los requerimientos estadísticos del parámetro a estimar entre 6 (estimar densidad) a 3 parcelas (composición florística).

2.3.1.1. Composición florística

En la determinación de composición florística del estrato arbustivo se utilizó el método de parcelas anidadas con tres repeticiones (Matteucci & Colma, 1982; Melo Cruz & Vargas Ríos, 2002; Mostacedo & Redericksen, 2000). El relevamiento se realizó en parcelas testigo (T), donde se registraron en una primera instancia las especies arbustivas presentes en 1 m² de superficie ubicado en el centro de la parcela, luego se fue duplicando repetidas veces la superficie, registrando las especies nuevas que aparecían con cada aumento del área (Figura 2.6). Se repitió este procedimiento hasta que no aparecieron más especies nuevas. Se graficó el área (m²) versus las especies, se ajustó la curva a una función logarítmica y se identifica en la curva el punto donde la pendiente cambia de dirección. Este punto representa la menor superficie (área mínima) necesaria para un muestreo representativo de la asociación (Matteucci & Colma, 1982).

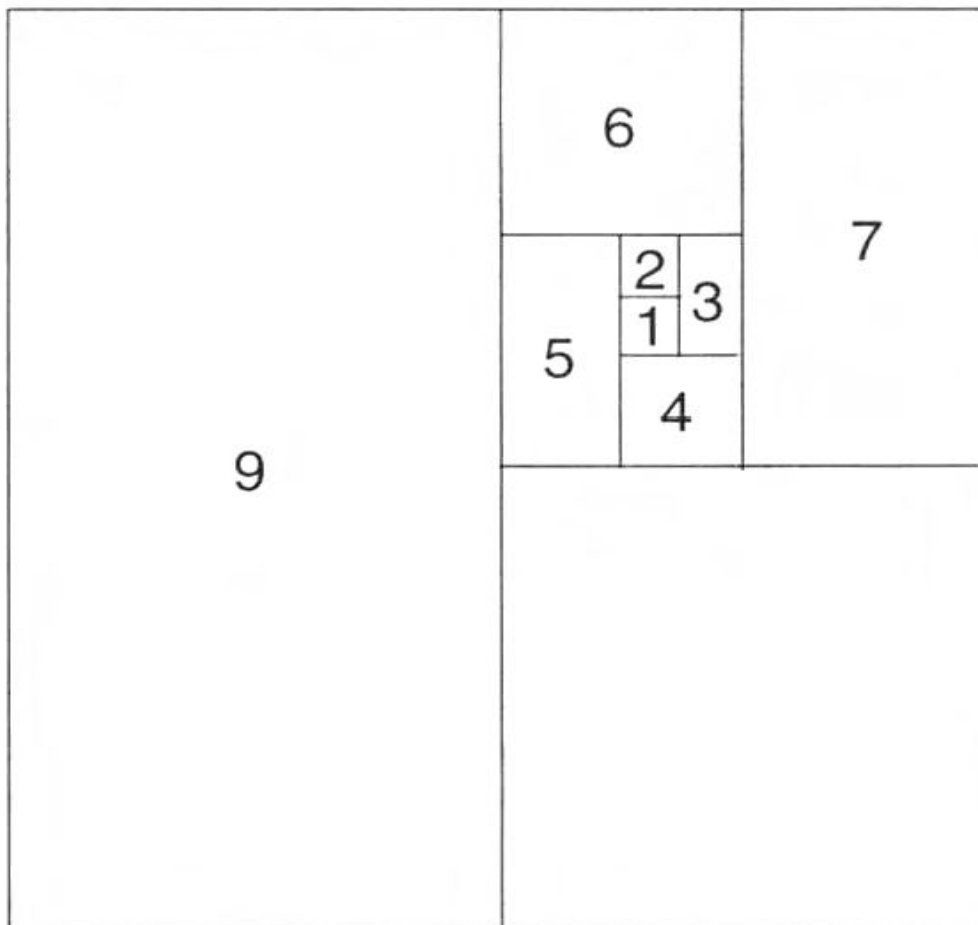


Figura 2. 6 Esquema de la secuencia de método de parcelas anidadas

2.3.1.2. Densidad y Frecuencia de especies

La densidad es inversamente proporcional a la distancia entre los arbustos y puede ser estimada midiendo la distancia entre individuos elegidos al azar a lo largo de una transecta (Pitt, 1988). Para calcular densidad, frecuencia y distribución de alturas se usó como técnica de muestreo el método cuadrantes centrado en un punto (PQC) de Cottan y Curtis (1956) (Mitchell, 2007). Para cada tratamiento (T, R1, R2) se seleccionaron dos parcelas clausuradas al ganado y sin aprovechamiento forestal, se ubicaron 5 fajas sistemáticamente. En cada faja se tomaron 10 estaciones separadas cada 10 m; en cada cuadrante se identificó la especie, se midió altura natural medida con vara telescópica de 7 m y la distancia al punto centro de la estación. Se muestrearon un total de 100 estaciones por tipo de tratamiento alcanzando un total de 300.



Figura 3. 1. Detalle de la medición de la variable altura natural (H) en línea roja.

La estimación de la densidad se realizó para cada estación y para el tratamiento en general con la fórmula propuesta por Polland (1971)(Mitchell, 2007)(Ecuación 2. 1).

$$\lambda = \frac{10000}{\gamma}$$

Ecuación 2. 1

Donde:

λ : Densidad (ind/ha) calculada por estación

γ : Área promedio de la estación

Para la densidad media por individuo se uso la ecuación 2.2

$$\bar{\lambda} = \frac{10000 * 4(4n - 1)}{\pi \sum_1^n \sum_1^4 R_{ij}^2}$$

Ecuación 2. 2

Donde:

$\bar{\lambda}$: Densidad (ind/ha) por tratamiento

n : el número de estaciones a lo largo de la transecta.

R_{ij}^2 : el cuadrado de la distancia al centro en el punto i , cuadrante j .

El área promedio de la estación γ es igual a ecuación 2.3

$$\gamma = \frac{\pi \sum_1^n \sum_1^4 R_{ij}^2}{4(n - 1)}$$

Ecuación 2. 3

Donde

γ : Área promedio de la faja

n : el número de estaciones a lo largo de la faja.

R_{ij}^2 : el cuadrado de la distancia al centro en el punto i , cuadrante j .

La Densidad absoluta ψ_i (ecuación 2.4) de una especie es el porcentaje de los cuadrantes donde la especie esta presente multiplicado por la densidad media.

$$\psi_i = \frac{ksp_i}{4n} * \bar{\lambda}$$

Ecuación 2. 4

Donde:

ψ_i : Densidad Absoluta de la especie i (sp_i)

ksp_i : el número de cuadrantes con la especie "i"

La varianza de densidad $Var(\bar{\lambda})$ se calculo según la Ecuación 2.5:

$$Var(\bar{\lambda}) = \frac{\bar{\lambda}^2}{4n - 2}$$

Ecuación 2. 5

La desviación estándar se estima con la Ecuación 2.6:

$$\sigma^2 = \sqrt{var(\bar{\lambda})}$$

Ecuación 2. 6

La Varianza de la frecuencia de las especies se calcula según la Ecuación 2.7:

$$Var(\psi_i) = \frac{1}{16n} \left[\sum_{k=1}^4 k^2 p_{ik} - \left(\sum_{k=1}^4 k p_{ik} \right)^2 \right]$$

Ecuación 2. 7

Donde la varianza de la densidad relativa $Var(\psi_i)$ es el número de cuadrantes en los cuales la especie (i) es encontrada y k es el número de cuadrantes (Ecuación 2.8).

$$Var(ksp_i) = \sum_{k=1}^4 k^2 p_k - \left(\sum_{k=1}^4 k p_i \right)^2$$

Ecuación 2. 8

La probabilidad de

$$p_{ij} = \frac{N_{ij}}{N}$$

Ecuación 2. 9

p_{ij} : Probabilidad de que $\psi = 4n$ para solo una estación

N_{ij} : Número de cuadrantes de la especie i

N : Número de cuadrantes totales

El error estándar de la densidad de la población es (Ecuación 2.9)

$$EE = \sqrt{\frac{Var(\bar{\lambda})}{4n}}$$

Ecuación 2. 10

La frecuencia absoluta de una especie es el porcentaje de estaciones en la que la especie ocurre (Ecuación 2.10). Un valor alto implica una distribución espacial uniforme o al azar de la especie, mientras valores bajos están asociados a una distribución agrupada.

$$\phi spi = \frac{Ni}{N} * 100$$

Ecuación 2. 11

ϕspi : Frecuencia absoluta de la especie i

Las frecuencias relativas por especies fueron graficadas con el tipo de grafico Ternary del programa PAST versión 1.99 (Hammer, et al 2001).

2.3.1.3. Distribución de alturas

La distribución de la variable altura se realizó calculando la frecuencia por especie para cada tratamiento (T; R1; R2.), como muestra la tabla 3.3 se definió seis categorías de altura.

Tabla 2. 1: clases de altura

Categoría	Rango	Categoría	Rango
1	0 ≤h> 0,5 m	4	1,5 ≤h> 2 m
2	0,5 ≤h> 1 m	5	2 ≤h> 2,5 m
3	1 ≤h> 1,5 m	6	> 2,5 m

Los datos fueron analizados con un modelo mixto a fin de comparar el efecto del tratamiento sobre la densidad y la altura. Se realizó un análisis de la varianza con el modelo que describe la Ecuación 2.11, usando el modulo Modelos lineales generales y mixtos (INFOSTAT.)

$$h = \mu + \beta + \varepsilon$$

Ecuación 2. 12

$$d = \mu + \beta + \varepsilon$$

Ecuación 2. 13

Donde:

h: altura (promedio de los individuos por faja)

d: densidad (estimación por faja)

μ: Media de alturas/densidad

β: efecto del tratamiento (T, R1, R2)

ε: Error experimental

2.3.2. Selección de la especie a estudiar

La selección de la especie se realizó usando el método de estimación de “aptitud forrajera” de leñosas, en función de los parámetros de calidad nutricional, cobertura, densidad, fenología y preferencia dietaría (Martin, 2007).

Martin, 2007, propone un método para determinar la aptitud forrajera de leñosas en el Chaco Semiárido en función de sus parámetros de Calidad Nutricional, Cobertura, Densidad,

Fenología y Preferencia Dietaria, a través de la obtención de una ecuación matemática que defina el grado de importancia de cada una de ellas. La metodología consistió en clasificar con puntajes del 1 al 5 (1: Muy Buena; 2: Buena; 3: Regular; 4: Mala; 5: Muy Mala) *C. ehrenbergiana* califica en el primer grupo: Muy buena aptud, por lo cual se decide elegir a esta especie para la determinación de la biomasa forrajera y evaluar su calidad nutritiva.

2.3.3. Estimación de la oferta de forraje de arbustos

El peso de la biomasa producida por un sistema (PPNA) es la información de base para determinar la receptividad ganadera (Golluscio, 2009; Martin, 2007; Renolfi, 1990) Los métodos de campo para estimar la PPNA de gramíneas en pastizales naturales o implantados son conocidos y relativamente fáciles y rápidos de realizar, tenemos como ejemplo la estimación de forrajimasa por doble muestreo, botanal o la estimación a partir de sensores remotos (Golluscio, 2009).

En el caso de la producción de biomasa forrajera del estrato leños no existe una metodología que sea fácilmente ejecutable, y en la mayoría de los caso no se cuantifica esta fracción (Martin, 2007). Los métodos usuales para estimar la forrajimasa de leñosas se dividen en dos grupos: destructivos y no destructivos.

Los métodos destructivos se basan en la cosecha de la PPA consumible según el tipo de ganado para el que se quiera estimar. La cosecha se puede realizar de la totalidad del individuo o de ramas elegidas al azar. Los métodos no destructivos se basan en relacionar mediante regresiones el peso real de la forrajimasa con atributos medidos o estimadas de los individuos. Ejemplo son el análisis dimensional, estimación visual, Planta de referencia.

2.3.3.1. Estimación de la disponibilidad de la forrajimasa

Se estudiaron destructivamente 40 individuos de tala seleccionados al azar, 20 individuos en parcelas testigo (T) y 20 individuos en parcelas con doble pasada de rolo (R2) cubriendo un rango de alturas de 0,23 m a 3,63 m en T y 0,39 m a 2,19 m en R2. Se eligieron puntos en 2 parcelas de cada tratamiento, se buscó hasta completar 4 individuo por cada una de las 5 clases de altura (0 a 0,5 m; 0,5 a 1 m y así sucesivamente). De esta manera los ejemplares fueron elegidos por muestreo al azar estratificado, utilizando las clases de altura como estratos. Para cada individuo se registro en pie las siguientes variables:

a- altura (H): definida como la distancia desde el suelo a la parte viva (hoja o rama) más alta (altura natural),

b- Diámetro Mayor de Copa (DMay): como la distancia mayor en la proyección de la copa del individuo y que pasa por el eje,

c-Diámetro menor de Copa (DMen): como la distancia perpendicular al DMay,

d-Perímetro de Copa(PERICOPA): la medida de la proyección del contorno de la copa en su mayor desarrollo,

e-Diámetro a altura de cuello (DAC): como el segmento que pasa por el centro de la sección del tallo a altura del cuello del individuo,

f- Número de ramas basales (NRB): conteo de las ramificación a la altura del cuello de la planta,

g- Longitud de la rama principal (L.RAMA.PP): se considero como rama principal a la rama más alta y se midió la distancia desde la inserción de la rama al extremo vivo.

A partir de las variables registradas a campo, se generaron nuevas variables:

a-Diferencia entre los diámetros de copa (DIF_DDC, Ecuación 2.14),

b-Promedio de los diámetros de copa (DCPRO; Ecuación 2.15),

c-Perímetro del cuello (PERI_BASE, Ecuación 2.16),

d-Área de la proyección de copa (Adc Elipse, Ecuación 2.17),

e- Área de proyección de copa (AxP, Ecuación 2.18)

f- Volumen de Copa 1 (VOL_ELIP, Ecuación 2.19): calculada como un esferoide (Thorne et al., 2002),

g- Volumen de copa 2 (VOL_CASQ, Ecuación 2.20): calculado como el volumen de un casquete semi esférico (Kunst et al. 2009),

h- Volumen de copa 3(VOL_COPA_G, Ecuación 2.21): calculado como el producto de las secciones basales y de la copa por la altura total (Gaillard et al., 2002),

i- Sección de Copa Mayor (RxDMay, Ecuación 2.22): el plano formado por el diámetro mayor de copa y la longitud de la rama principal,

j- Sección de Copa Menor (RxDMen, Ecuación 2.23): el plano formado por el diámetro menor de copa y la longitud de la rama principal,

j- Volumen aparente de ramas individuales (V_1dvNRB, ecuación 2.24): se estimó en base al volumen del elipsoide,

k- Volumen aparente de ramas individuales (V_2dvNRB, Ecuación 2.25): se estimó en base al volumen del casquete semiesférico,

l- Volumen aparente de ramas individuales (V_3dvNRB, Ecuación 2.26): se estimó en base al volumen del promedio de las secciones basales.

$$DIF_{DDC} = DMay - DMen$$

Ecuación 2. 14

$$DCPROM = \frac{DMay + DMeN}{2}$$

Ecuación 2. 15

$$PERI_{BASE} = DAC\pi$$

Ecuación 2. 16

$$Adc\ Elipse = \pi * DMay * DMen$$

Ecuación 2. 17

$$AxP = \frac{H^2}{4\pi}$$

Ecuación 2. 18

$$VOL_{ELIP} = \frac{2}{3}\pi H \frac{DMay}{2} \frac{DMeN}{2}$$

Ecuación 2. 19

$$VOL_{CASQ} = \frac{\pi H}{6} 3 * H * DCPROM^2 + H^2$$

Ecuación 2. 20

$$VOL_{COPA_G} = \left\| \frac{\left\| \frac{PERI_{BASE}}{200\pi} \right\|^2 + \left\| \frac{PERICOPA}{2\pi} \right\|^2}{2} \right\| H\pi$$

Ecuación 2. 21

$$RxDMay = DMay * L. RAMA. PP$$

Ecuación 2. 22

$$RxDMen = DMen * L. RAMA. PP$$

Ecuación 2. 23

$$VOL_{1dvNRB} = \frac{VOL_{ELIP}}{NRB}$$

Ecuación 2. 24

$$VOL_{2dvNRB} = \frac{VOL_{CASQ}}{NRB}$$

Ecuación 2. 25

$$VOL_{3dvNRB} = \frac{VOL_{COPA_G}}{NRB}$$

Ecuación 2. 26

Se cosecho en cada individuo la parte externa hasta un diámetro de ramas de 6 mm. Se separo las muestras cosechadas en tejidos no lignificado y lignificados y en cada una de estas categorías en ramas y hojas. La biomasa fue secada en estufa a 60 °C hasta peso constante, luego se peso en balanza de precisión de 0,01 g.



Figura 2. 7. Ejemplar de tala en parcela testigo. Figura 2. 8. Medición del perímetro de copa



Figura 2. 9. Medición de los diámetros de copa Figura 2. 10. Medición de la longitud de rama la rama principal.

A partir de la suma de los pesos secos de las hojas de ramas no lignificadas (PSHRNLig) y peso seco de ramas no lignificadas (PSRNLig) se considero como forrajimasa cosechada consumible para ganado vacuno (PSFCC_v), a los efectos de estimar la forrajimasa disponible para ganado caprino se sumo a los componentes de PSFCC_v el peso seco de hojas de ramas lignificadas (PSHRLig). Se estimó la fracción de hojas y ramas de cada tipo de forrajimasa, porcentaje de peso seco de hojas de PSFCC_v (P_{PSH_v} , Ecuación 2.27); porcentaje de peso seco de ramas PSFCC_v (P_{PSR_v} , Ecuación 2.28) porcentaje de peso seco de hojas de PSFCC_c (P_{PSH_c} , Ecuación 2.29); porcentaje de peso seco de ramas PSFCC_c (P_{PSR_c} , Ecuación 2.30)

$$P_{PSH_v} = \frac{PSHRNLig}{PSHRNLig + PSRNLig} * 100$$

Ecuación 2. 27

$$P_{PSR_v} = 100 - P_{PSH_v}$$

Ecuación 2. 28

dt

Ecuación 2. 29

$$P_{PSR_c} = 100 - P_{PSH_c}$$

Ecuación 2. 30

2.3.3.2. Procesamiento de datos

Se describió las medidas de resumen para cada variable (media, desviación estándar y rango de dispersión) a fin de determinar el rango de aplicación de los modelos. Para estimar el peso seco de la forrajimasa consumible individual por tipo de ganado (PSFCC_v y PSFCC_c) en gramos, se realizaron diagnósticos gráficos y analíticos con diagramas de dispersión y análisis de correlación. Se ajustaron dos tipos de funciones:

a- regresiones simples (Ecuación 2.31 a 2.34), se analizaron relaciones lineales y exponenciales, particularmente se generó una que contenga al altura natural de los individuos, por ser una variable fácil de medir y,

b- regresiones lineales múltiple (ecuación 2.35) a fin de mejorar la predicción, se probaron modelos con las variables tomadas a campo y sus combinaciones.

Los modelos se calcularon con intercepto, ya que su eliminación hace que el coeficiente de determinación aumente y se sobreestime de esta forma la bondad del ajuste de los modelos (Ledesma et al. 2010).

$$PSFCC_v = f_{(H,DMay,DMen,DAC,LRAMA,PP)}$$

Ecuación 2. 31

$$PSFCC_c = f_{(H,DMay,DMen,DAC,LRAMA,PP)}$$

Ecuación 2. 32

PSFCC_v

$$= f(DIF_{DDC}, DCPROM, PERI_B, Adc\ Elip, VOL_E, VOL_{CASQ}, VOL_{COPAG}, RxDMay, RxDMen, VOL_{1dvNRB}, VOL_{2dvNRB}, VOL_{3dvNRB})$$

Ecuación 2. 33

PSFCC_c

$$= f(DIF_{DDC}, DCPROM, PERI_B, Adc\ Elip, VOL_E, VOL_{CASQ}, VOL_{COPAG}, RxDMay, RxDMen, VOL_{1dvNRB}, VOL_{2dvNRB}, VOL_{3dvNRB})$$

Ecuación 2. 34

$$PSFCC_v = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

Ecuación 2. 35

Donde

β_0 : Ordenada al origen

β_j : $j = 1, \dots, k$ son los coeficientes de la regresión x_j : $j = 1, \dots, k$ son variables predictoras

ε : Error

En base al análisis de los gráficos de dispersión y de la matriz de correlaciones se eliminó la variable N.R.B por falta de ajuste (para PSFCC_v R= 0,2 p= 0,24 y PSFCC_c R=0,45 p=0,001). La selección de los modelos de regresión múltiple fueron desarrolladas por el procedimiento eliminación hacia atrás (backward elimination) y selección por pasos (stepwise selection). El primer método parte del modelo "completo", se van eliminando variables regresoras según los siguientes criterios: variables que tienen *t* en valor absoluto más pequeño entre las variables incluidas, variables que produce menor disminución de R² al ser eliminada del modelo, las que tienen la correlación parcial más pequeña con la variable respuesta. El proceso Stepwise Selección comienza con un modelo de regresión simple, a cada paso introduce la variable independiente que no se encuentran ya en la ecuación y que tenga la probabilidad para F más pequeña. Las variables ya introducidas en la ecuación de regresión pueden ser eliminadas del modelo. El método termina cuando ya no hay más variables candidatas a ser incluidas o eliminadas.

Para el generación y ajuste de los modelos y análisis estadístico se usaron los programas (InfoStat, 2008) y R versión 2.12.2 (2011-02-25). Las estimaciones de los parámetros de los

modelos se obtuvieron mediante análisis de regresión por el método de los mínimos cuadrados. El nivel de significación seleccionado para las pruebas de hipótesis de efectos nulos fue $\alpha = 0,05$. La bondad de ajuste de los modelos fue comparada a través del coeficiente de determinación ajustado (Ecuación 2.36) y del error relativo

$$R_{aj}^2 = 1 - \frac{\frac{SS_{Res}}{(n-p)}}{\frac{SS_T}{(n-1)}}$$

Ecuación 2. 36

Donde

$\frac{SS_{Res}}{(n-p)}$: es el cuadrado medio de los residuales

$\frac{SS_T}{(n-1)}$: es el cuadrado medio total

En cada modelo (Ecuación 2.37) se incluyó el tratamiento (variable categórica), para analizar si existen diferencias entre los pesos secos de la forrajimasa para ambos tipo de ganado, entre las parcelas roladas y el testigo, para ello se utilizó variables auxiliares (*Dummy*) a partir del generador de variables auxiliares del programa Infostat. El número de variables auxiliares a incluir en el modelo es el número de niveles de la variable categórica menos 1, en este caso una variable *Dummy*. Cada variable *dummy* es una variable dicotómica que asume el valor 1 solo para un nivel del factor de clasificación analizado. La variable "PARCELA_TES" esta asociada al tratamiento T, mientras que la variable R2 es tomada como nivel de referencia. La variable PARCELA_TES_"regresora" es el producto de la variable regresora y la variable *dummy*, permite estudiar si existe diferencias de pendientes mediante prueba de homogeneidad de pendientes

$$PSFCC_{v/c} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 \text{PARCELA_TES_\"regresora\"}_3 + \beta_k \text{PARCELA_TES}_k + \varepsilon$$

Ecuación 2. 37

Se efectuó la prueba grafica y analítica de los supuestos de la regresión, la normalidad de los residuos se testeó analíticamente con la prueba de Shapiro-Willk (modificada), la homocedasticidad de la varianza gráficamente con grafico de dispersión de PRED_PSFCC vs RDUO_PSFCC y analíticamente con la prueba de rachas. La validación de los modelos con la

variable altura, se realizó mediante el procedimiento *Doble Validación Cruzada*. Este procedimiento se utiliza para validar modelos construidos con todos los datos, luego se desarrolla dos modelos con el mismo set, uno de estimación y el segundo de predicción que luego se invierte, se investiga su eficiencia con los modelos de predicción. El Valor predictivo de los modelos de forrajimasa para vaca y cabras se evaluó con el estadístico *coeficiente de determinación de predicción* (Ecuación 2.38). Este indica el porcentaje de variabilidad explicada por el modelo con nuevos datos y los estadísticos *Suma de Cuadrados de Error de Predicción* (Ecuación 2.39) y *Suma Total de Cuadrados* (Ecuación 2.40) (García, 2010). Otro estadístico que se usó para evaluar el poder predictivo de los modelos es el *índice de reducción* (Ecuación 2.41), valores menores a 0,1 indican un modelo muy fiable. Y por último se estimó la *Desviación Global* (Ecuación 2.42), que es un indicador de la capacidad predictiva de los modelos (Machado Carcasés, Pereira, & Ríos, 2003)

$$R^2_{predicción} = 1 - \frac{PRESS}{SST}$$

Ecuación 2. 38

$$PRESS = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

Ecuación 2. 39

$$SST = \sum (Y_i - \bar{Y}_i)^2$$

Ecuación 2. 40

$$IR = R^2_{ajustado} - R^2_{predicción}$$

Ecuación 2. 41

$$DG\% = \frac{\sum PSFCC_{cosechada} \sum PSFCC_{estimada}}{\nabla PSFCC_{estimada}} \times 100$$

Ecuación 2. 42

2.3.4. Calidad nutritiva de los forrajes

La calidad de un forraje está explicada por tres principios nutritivos: el contenido de proteína, el contenido de hidratos de carbonos y la disponibilidad (Swift & E. Sullivan 1984). Las

proteínas concentran entre un 85 a 90% del nitrógeno celular, y su contenido puede variar entre 3 a 25% del peso seco del forrajes. Los hidratos de carbono están presentes en la celulosa y son digerible entre un 35 a 75% y los extractivos no nitrogenados comprenden la parte soluble almidones, azúcares principalmente. La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento. El porcentaje de digestibilidad se entiende como un indicador del valor nutritivo y permite cuantificar el aporte energético de los forrajes (Detmann, De Campos Valadares, & Fonseca Paulino, 2001). Dependiendo de la constitución de la pared celular, su digestibilidad varía; de 100% en las células mesófilas a 0% en el xilema, esta variación ocurre en diferentes tejidos dentro de una parte de planta y entre tejidos similares en diferentes especies de forraje (Ramírez Orduña, Ramírez Lozano, & López Gutierrez, 2002)

Valorar el aporte y disponibilidad de los nutrientes de un forraje consiste en determinar un grupo de indicadores que en conjunto expresan el valor nutricional del forraje, estos son la composición química, la digestibilidad, el consumo voluntario y la energía metabolizable del forraje. (Esparza García & Marín Ariza, 2011). La digestibilidad del forraje está en función de la composición físico-química (contenido de pared celular y grado de lignificación), los factores anti nutricionales, la especie, la forma en que fijan los compuestos carbonados, y del procesamiento y forma de almacenamiento (Ramírez Orduña et al., 2002).

Los tallos y hojas de las plantas varían considerablemente en cuanto a su composición química y digestibilidad. Las hojas contienen mayores concentraciones de proteína y un menor contenido de polisacáridos de la pared celular y lignina comparada con el tallo, en todos los forrajes. La degradabilidad *in vitro* e *in situ* de las hojas es mayor que la de los tallos porque las hojas tienen bajo contenido de pared celular y también una mayor digestibilidad de los polisacáridos presentes en sus estructuras. La diferencia entre digestibilidad de hojas y tallos crece a medida que aumenta la madurez de la planta. Otros factores como la posición que ocupen en la planta, la proporción de hojas y de tallos, influyen afectando variables como el consumo de materia seca, digestibilidad aparente de la fracción fibrosa, tiempo de retención ruminal, entre otros.

Entre los factores ambientales que influyen en el valor nutritivo de los forrajes verdes se encuentra Factores climáticos como: luz, temperatura, humedad, radiación solar. Se comprobó que una misma variedad de forraje sembrada en dos lugares diferentes, en el mismo estado de desarrollo, suelen tener valores nutritivos distintos (Díaz, 2003). También es importantes el factor edáfico, como el tipo de suelo y el contenido de fertilizantes (Díaz, 2007). Por último la

presencia de plagas y enfermedades también suele afectar el valor nutritivo de un forraje, tanto por las lesiones producidas como por los productos que se utilizan para combatirla.

Indicadores del valor nutritivo de los forrajes incluyen:

a) La Materia Seca (MS) Expresa el contenido de MS de un alimento y es importante, pues los resultados de todas las demás determinaciones se expresan en base seca.

b) Proteína Bruta (PB) Se obtiene a partir del contenido de nitrógeno total de un alimento, determinado por el método Kjeldahl, multiplicado por el factor 6,25 (debido a que las proteínas contienen un 16% de N en promedio). El valor de PB incluye a la proteína verdadera y a otros compuestos nitrogenados no proteica

c) Fibra Detergente Neutro (FDN) Es la porción de la muestra de alimento que es insoluble en un detergente neutro (método de los detergentes de Van Soest). Está básicamente compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, y se la denomina pared celular. La misma se correlaciona inversamente con el consumo voluntario de MS.

d) Fibra detergente ácido (FDA), Es la porción de la muestra de alimento que es insoluble en un detergente ácido (método de los detergentes de Van Soest). Está básicamente compuesta por celulosa, lignina y sílice. La importancia de la misma radica en que está inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje.

2.3.4.1. Estimación de la Digestibilidad

La determinación de digestibilidad de los forrajes se puede realizar en laboratorio, entre las metodologías se encuentran la digestibilidad in vitro (DIVMS) simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables, y la técnica de digestibilidad in situ (DISMS) utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal.

También se puede estimar a partir de la composición química de los alimentos, se han desarrollado regresiones que estiman este indicador a partir de las diferentes fracciones como el contenido de fibra (Detmann et al., 2001; Harlan, Holter, & Hayes, 1991; Weiss, Conrad, & St. Pierre, 1992)

2.3.4.2. Energía Metabolizable

Los requerimientos alimenticios de los animales se expresan en términos de energía metabolizable (caloría o joule). La energía total contenida en un alimento se denomina energía bruta (EB) y es el contenido calórico de la sustancia. La cantidad de energía que un animal puede absorber de un alimento se denomina Energía Digestible (ED). La fracción de la ED que los organismos utilizan para su metabolismo se denomina energía metabolizable (EM).

EM no es constante, depende del tipo de animal y de factores que afectan la digestión y asimilación de los nutrientes.

Los requerimientos energéticos de los animales en pastoreo esta tabulada (NRC, 2001) para ganado bovino un equivalente vaca (450 Kg de PV) requiere 1,8 MCal EM/día (Díaz, 2007).

2.3.4.3. Muestras para la determinación de calidad nutritiva

En la determinación de la calidad forrajera las muestras utilizadas fueron hojas y ramas no lignificadas, y hojas de ramas lignificadas. Se realizo un pool agrupando las muestras de los 4 individuos discriminando clase de altura y tratamiento cosechado. El material obtenido en el muestreo fue inmediatamente colocado en una estufa de aire forzado a 60°C y deshidratado hasta obtenerse materia seca (MS) a peso constante. Cada muestra fue molida en un molino de cuchillas y pasado por un tamiz de malla de 2 mm. Posteriormente, el material de cada especie fue subdividido en tres submuestras para someterlo a tres tipos de análisis.

2.3.4.3.1. Métodos de laboratorio para determinar indicadores de digestibilidad

Los análisis se realizaron en el laboratorio de forrajes del INTA EEA Santiago del Estero. El análisis de Materia Seca (MS) se obtuvo secando la muestra en una estufa con circulación forzada de aire a 60°C hasta peso constante, para eliminar el contenido de agua. En las determinaciones de nitrógeno total o proteína bruta, operación del digestor rápido "Tecator" y la unidad de destilación para el análisis de nitrógeno Kjeldahl. Se calculó el porcentaje de la PB como el contenido de Nitrógeno de la muestra multiplicado por 6,25 (AOAC, 1990).

La determinación de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida, en bolsas filtrantes, la técnica aplicada se basó en la metodología propuesta por Van Soest et al. (1991) en base al uso de detergentes utilizándose para el trabajo un analizador semiautomático Ankom 200.

2.3.4.3.2. Métodos para estimar digestibilidad y energía

Se utilizaron ecuaciones para predecir el valor nutritivo de leguminosas a partir de la composición química (Harlan et al., 1991; Minson, 1982). Se estimó Materia orgánica digestible (MOD, %, Ecuación 2.43) Materia seca digestible (MSD, %, Ecuación 2.44), Energía digestible (ED Mcal/kg, Ecuación 2.45), y Energía metabolizable (EM Mcal/kg, Ecuación 2.46) de las distintas fracciones y el valor para la forrajimasa consumible para ganado vacuno (Ecuación 2.47) y ganado caprino (Ecuación 2.48)

$$MOD_f = 103,35 - 0,835 FDN(\%)$$

Ecuación 2. 43

$$MSD_f = 92,3 - 0,91 FDA(\%)$$

Ecuación 2. 44

$$ED_f = \frac{[-2,34 + 0,234(MOD \%)]}{4,184}$$

Ecuación 2. 45

$$EM = ED * 0,82$$

Ecuación 2. 46

$$ED_v = \left(ED_{HRNLIG} \frac{PSHRNLig}{PSFCC_v} \right) + \left(ED_{RNLIG} \frac{PSRNLig}{PSFCC_v} \right)$$

Ecuación 2. 47

$$ED_c = \left(ED_{HRNLIG} \frac{PSHRNLig}{PSFCC_c} \right) + \left(ED_{RNLIG} \frac{PSRNLig}{PSFCC_c} \right) + \left(ED_{HRLIG} \frac{PSHRLig}{PSFCC_c} \right)$$

Ecuación 2. 48

2.3.4.3.3. Análisis estadístico

Los modelos utilizados para el análisis de la varianza se muestran en la Tabla 2.2

Tabla 2. 2 Modelo de análisis de la Varianza usados

Indicador	Modelo	Observaciones
Materia Seca (MS)	$\overline{MS} = \mu + \beta + \gamma + \varepsilon$ Ecuación 2. 49	μ: Media β: efecto del tratamiento (Rolado, Testigo) γ: Efecto de la clase de altura ε: Error experimental
Proteína Bruta (PB)	$\overline{PB} = \mu + \beta + \gamma + \varepsilon$ Ecuación 2. 50	
Fibra Detergente Neutro (FDN)	$\overline{FDN} = \mu + \beta + \gamma + \varepsilon$ Ecuación 2. 51	
Fibra Detergente Ácido (FDA)	$\overline{FDA} = \mu + \beta + \gamma + \varepsilon$ Ecuación 2. 52	
Materia orgánica digestible	$\overline{MOD} = \mu + \beta + \gamma + \varepsilon$ Ecuación 2. 53	

3- Resultados

3.1. Caracterización del estrato arbustivo

3.1.1. Composición florística

La curva especies/área (Figura 3.1) muestra entre los puntos $x=128$ y $x=256$ el valor del área mínima, que según la determinación gráfica indica un valor de 180 m^2 . La mayor superficie muestreada fue de 1024 m^2 y a partir de los 256 m^2 ya se observa la tendencia a estabilizarse

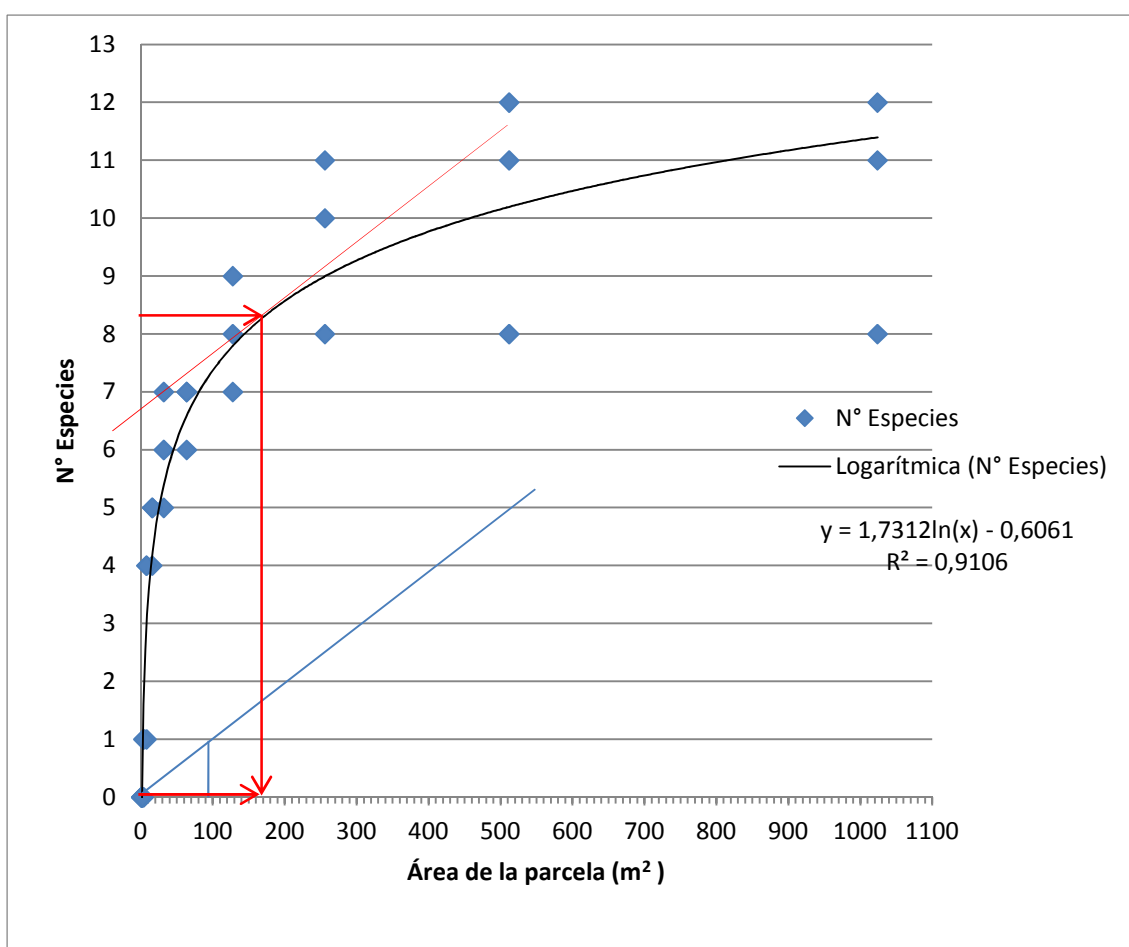


Figura 3 1. Determinación gráfica de la Curva especie-área para sitios testigos. Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

La superficie determinada concuerda con otros autores que recomiendan superficies entre 100 a 200 m^2 para especies arbustivas (Alcaraz Ariza, 2009; Poore, 1955; Steubing, Godoy, Miren, & Alberdi, 2002).

La composición florística se encontró distribuida en 15 especies pertenecientes a 13 familias (Tabla 3. 1), en un rango de 8 a 12 especies por muestreo. Siendo la familia con mayor número de especies las leguminosas (tres).

Tabla 3. 1 Lista de especies presentes en el área de estudio

N°	Especie	Familia	Nombre Científico
1	ABREBOCA	Celastraceae	<i>Moya spinosa</i>
2	ATAMISQUI	Capparaceae	<i>Capparis atamisquea</i>
3	POLEO	Verbenaceae	<i>Lippia turbinata</i>
4	ALOYSIA	Verbenaceae	<i>Aloysia gratissima var. angustifolia</i>
5	GARABATO	Fabaceae	<i>Mimosa detienns</i>
6	JARILLA	Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i>
7	MISTOL D ZORRO	Simaroubaceae	<i>Castela coccinea</i>
8	MOLLE	Anacardiaceae	<i>Schinus bumeliodes</i>
9	JUSTICIA	Acanthaceae	<i>Justicia xylosteoides</i>
10	PALO D ANGEL	Solanaceae	<i>Lycium chilense var. filifolium</i>
11	PATA	Olcaceae	<i>Ximenia americana</i>
12	PIQUILLIN	Rhamnaceae	<i>Condalia micriphylla</i>
13	TALA	Celtidaceae	<i>Celtis ehrenbergiana</i>
14	TEATIN	Fabaceae	<i>Acacia gilliesii</i>
15	TUSCA	Fabaceae	<i>Acacia aroma</i>

Sorprendentemente, la composición florística estimada coincide con la cantidad registrada por Brassiolo (2008) y Araujo (2005) que evaluaron sitios bajo diferentes tratamientos (desarbastado y pastoreo).

3.1.2. Densidad, Frecuencia y distribución de abundancia de arbustos

La densidad estimada para cada tratamiento se presenta en la Figura 3.2.

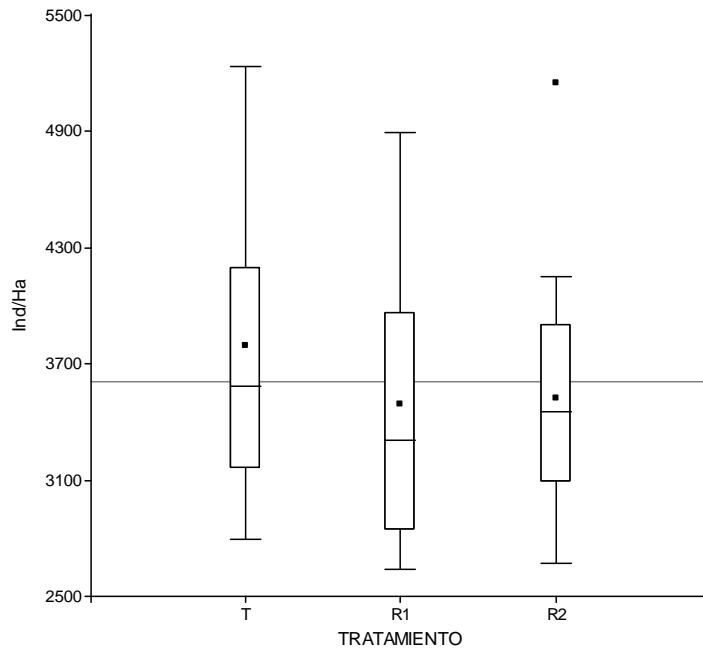


Figura 3. 2 Estimación de densidad de arbustos por fajas en los tres tratamientos presentes en el área de estudio. Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

El número promedio de individuos/ha es de 3605. Se observa una alta variación en los valores de densidad vinculados al tipo disturbio (Figura 3.2), sin embargo las medias de los tres sitios están muy próximas contrariamente a lo que se esperaba por el corto plazo post disturbio en el que se analizó. Comparando la densidad estimada en R1 y R2, esta fue inversa a la intensidad del disturbio aplicado.

En valores absolutos de densidad otras determinaciones realizadas a nivel de ecoregión, reportaron densidades superiores 8210 ind/ha (Berti, 2001). En sitios con disturbios (pastoreo y desarbustado) son similares 3100 y 3350 ind/ha respectivamente (Brassiolo et al, 2008). Para densidades comparando sitios testigos y desarbustado, los valores reportados fueron inferiores en el caso del testigo, 3845 ind/ha versus 2367 ind/ha (Brassiolo et al, 2000).

La Densidad absoluta de arbustos en los tres tratamientos de rolado presente en el área de estudio se presenta en la Tabla 3.2

Tabla 3. 2 Densidad absoluta de arbustos en los tres tratamientos presente en el área de estudio. Campo Experimental La María, Santiago del Estero

Nombre Científico	ABREVIATURA	T	R1	R2	T%	R1%	R2%
<i>Acacia gilliesii</i>	TE	913	1035	958	24	30	28
<i>Capparis atamisquea</i>	AT	894	479	766	23	14	21
<i>Celtis ehrenbergiana</i>	TA	721	907	906	20	27	26
<i>Moya spinosa</i>	AB	346	137	270	9	4	8
<i>Larrea divaricata</i>	JAR	288	103	0	7	3	0
<i>Castela coccínea</i>	MDZ	183	77	122	5	2	4
<i>Lycium chilense</i> var. <i>filifolium</i>	PA	154	240	78	4	7	2
<i>Justicia xylosteoides</i>	JUS	125	240	148	3	7	4
<i>Condalia microphylla</i>	PIQ	96	60	26	2	2	1
<i>Ximenia americana</i>	PAT	58	34	70	2	1	2
<i>Mimosa detienns</i>	GB	38	17	17	1	0	0
<i>Schinus bumeliodes</i>	MO	19	68	122	0	2	4
<i>Acacia aroma</i>	TUS	10	26	0	0	1	0
TOTAL		3797	3494	3525	100	100	100

La especie más abundante en los tres tratamientos es *Acacia gilliesii*, la densidad por especie y tratamiento se presenta en la Tabla 3-3. En R1 y R2 aparece *Celtis ehrenbergiana* en segundo lugar, mientras que en T, la segunda especie más abundante es *Capparis atamisquea*

3.1.3. Efecto del tratamiento sobre la densidad

En el análisis de la varianza de la variable densidad no resulto afectada significativamente por las dos intensidades de rolado.

Variable dependiente: Densidad

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R²</u>
30	454,71	462,48	-221,35	792,89	0,03

AIC y BIC menores implica mejor

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	651,54	<0,0001
TRATAMIENTO	2	0,45	0,6440

Efectos fijos

	<u>Value</u>	<u>Std.Error</u>	<u>t-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	3494,10	251,56	13,89	<0,0001
TRATAMIENTOR2	31,40	342,44	0,09	0,9276
TRATAMIENTOT	302,50	355,17	0,85	0,4019

Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
T	3796,60	250,73	A
R1	3494,10	251,56	A
R2	3525,50	232,35	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La distribución de la abundancia relativa, es una medida la capacidad relativa de cada especie de apropiarse de los recursos existentes en una comunidad (Magurran, 2009), la forma de la distribución de las abundancias resultante es la típica de los bosque deciduos con pocas especies y de comunidades cuya dinámica esta limitada por un recurso, tres especies concentran 66 al 76 % de los individuos. La distribución de las abundancias de especies se presenta en la Figura 3.3

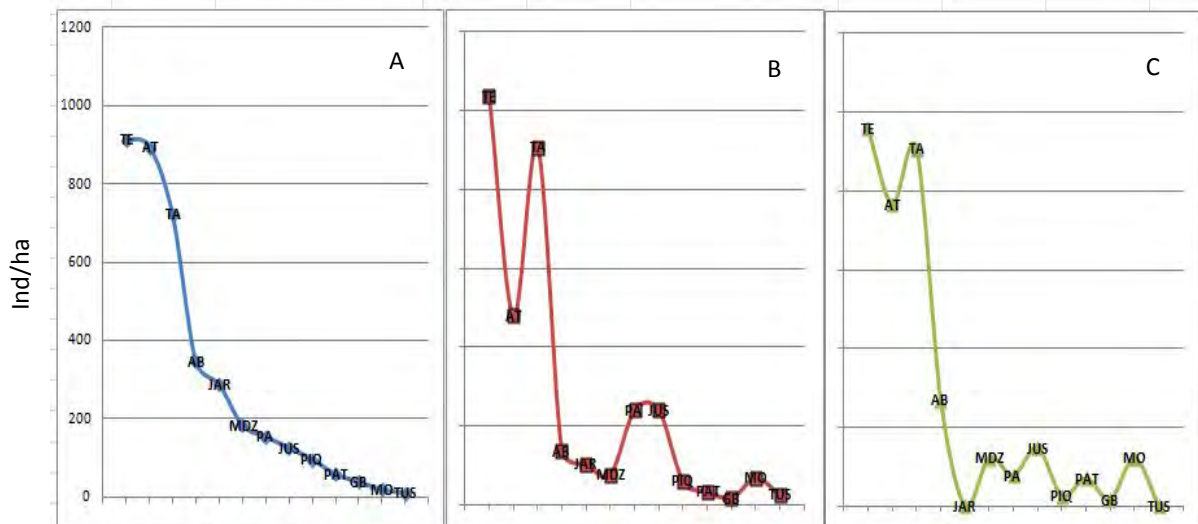


Figura 3. 3 Distribución de las abundancias de especies según tratamientos. A: Testigo, B: Rolado1, C: Rolado2.

La distribución de la abundancia relativa se muestra en la Figura 3.4

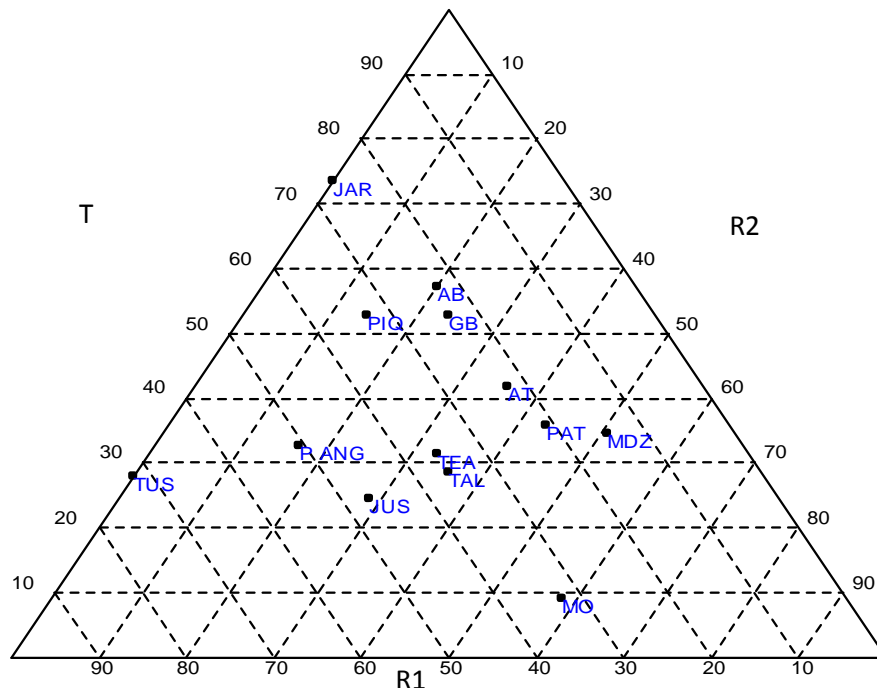


Figura 3. 4 Triangulo de abundancias relativas de las especies según tratamiento

La respuesta de las especies al tratamiento concuerdan con estudios anteriores (Kunst, 2009), como el incremento de densidad de *C. ehrenbergiana*, y la disminución de individuos *C. atamisquea*, que es una de las especies afectada por el disturbio del rolado y desarbustado (Brassiolo, 2000, Bregaglio, 1999). Otras investigaciones que estudian el efecto del

desarbustado (Brassiolo, 2000; Brassiolo, 2008, Bregaglio, 1999), reportan la disminución de ejemplares de *A gilliesii*, e incremento de ejemplares de *Moya espinosa*.

La respuesta de la especie del estrato arbustivo a los tratamientos de rolado y desarbustado se presenta en la tabla 3.3

Tabla 3. 3 Respuesta de abundancia de arbustos a distintos disturbios. (-):disminución, (+): aumento, (±)

Nombre Científico	Dayenoff				
	et all. 2003 (PCapriño)	Bergaglio et al. 1999 (Desarbustado)	Brassiolo et al. 2000 (Desarbustado)	Kunst et al. 2009 (Rolado)	Este trabajo
<i>Moya spinosa</i>		+	+		-
<i>Capparis atamisquea</i>		-	-	-	-
<i>Mimosa detienns</i>			-		-
<i>Larrea divaricata</i>	+	-	+		-
<i>Castela coccinea</i>		+	+		-
<i>Schinus bumeliodes</i>			-		+
<i>Justicia xylosteoides</i>					±
<i>Lycium chilense var. filifolium</i>		+			±
<i>Ximenia americana</i>					±
<i>Condalia microphylla</i>		+	+		-
<i>Celtis ehrenbergiana</i>	+	+	+		+
<i>Acacia gilliesii</i>	-	-	-		+
<i>Acacia aroma</i>	-		+		±

Se realizó la agrupación de las especies (Figura 3 5) en función de la abundancia absoluta en los tratamientos por el método pares de grupo y distancia euclidea. Se identificaron dos grupos, los de mayor abundancia con tres especies, y la agrupación el resto de la especies no es significativa (distancia menor a la mitad).

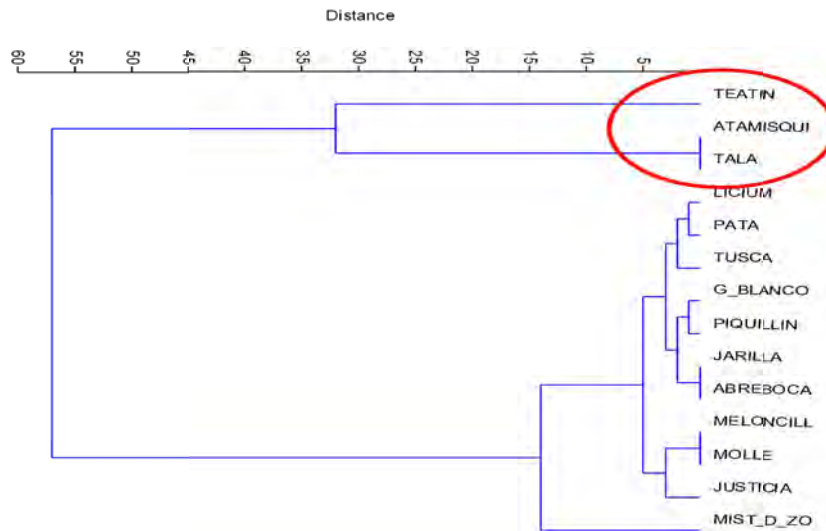


Figura 3. 5 Dendrograma de las 14 especies arbustivas en los tres tratamientos. Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

La frecuencia es una medida del modo de distribución de la especie. Los resultados se presentan en la figura 3.6.

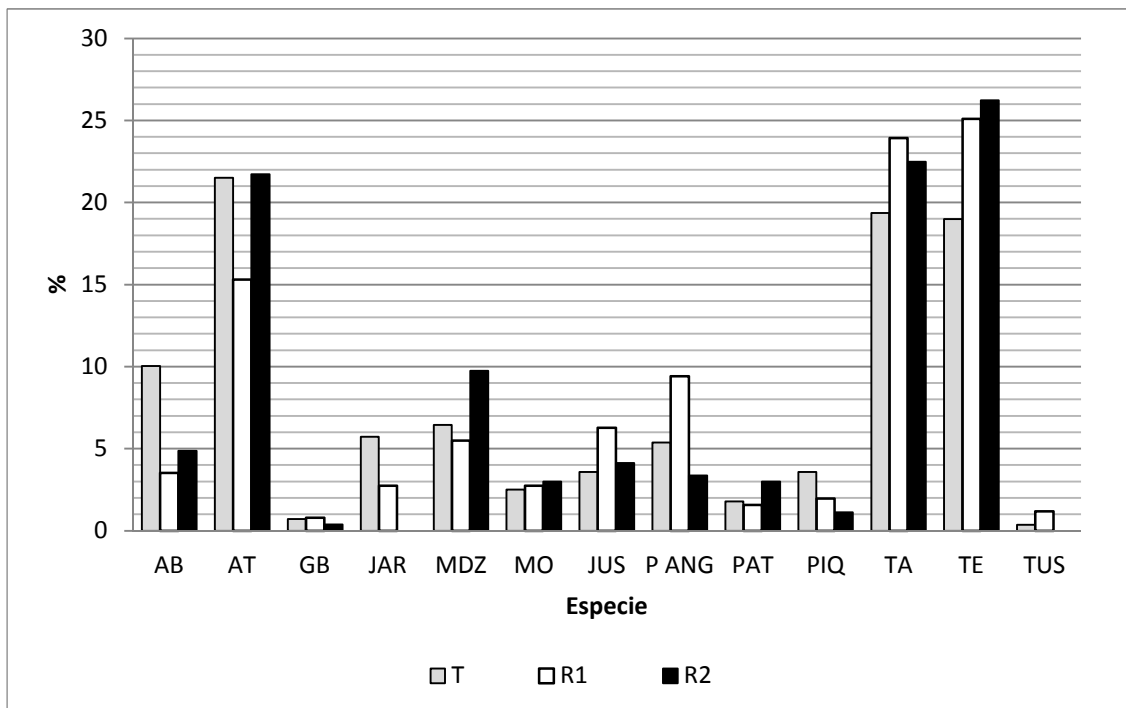


Figura 3. 6. Frecuencias relativas de las especies en los tres tratamientos. Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

Las frecuencia encontradas en las parcelas testigo son similares a las encontradas en sitios clausurados, sin embargo si se compara las parcelas roladas con sitios con desarbustado manual los valores varían según la especie (Brassiolo et al., 2008). Analizando la homogeneidad de las especies, se encuentran valores de $-0,7$ a $-0,8$, existe distribución homogénea de especies si el grado de homogeneidad se acerca a 1 (Acosta 2006)

3.1.4. Distribución de alturas

Numeroso trabajos relacionan directa o indirectamente la variable altura con la producción de biomasa de los arbustos (Gaillard et al., 2002; Hierro, Branch, Villarreal, & Clark, 2000; Molinero, 1983). Los individuos/ha distribuidos en clases de altura por tratamiento se presenta en la figura 3 7.

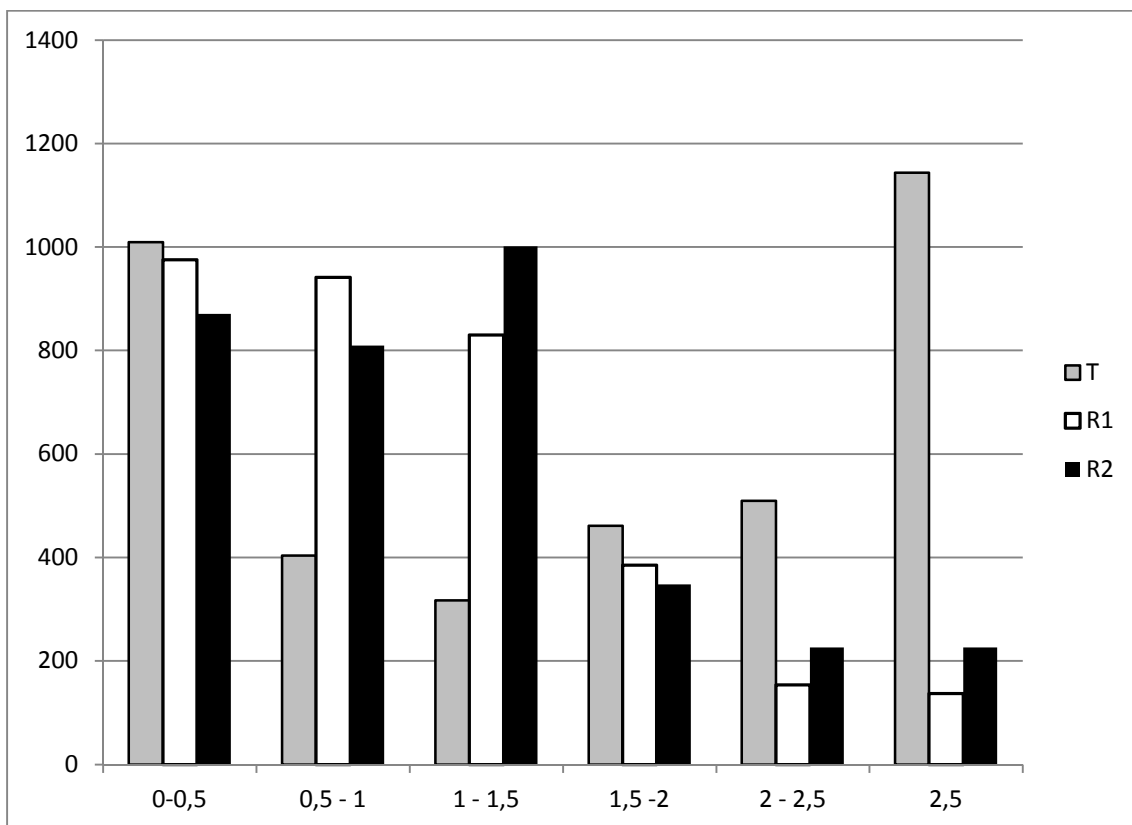


Figura 3. 7 Distribución absoluta de los individuos por clase de altura de todas las especies en los tres tratamientos. Campo Experimental La María, Santiago del Estero.

La primera clase concentra entre el 26% (T) al 30% (R1 y R2) de los individuos, la última clase muestra que el T concentra un 30%, en cambio en el R1 y R2 los individuos mayores a 2,5 m representan el 8 al 13 % respectivamente. R1 concentra el 80% de los individuos en las

primeras clases de altura (<1,5 m), R2 los individuos comprendidos en ese tamaño alcanzan un 77 %.

La composición específica de cada clase de altura se presenta en la Tabla 3.4

Tabla 3. 4 La composición específica de cada clase de altura para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	ESPECIES	CLASE DE ALTURA (m)					
		0-0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 -2	2 - 2,5	>2,5
TESTIGO	ABRE BOCA	240	29	19	29	19	10
	ATAMISQUI	221	96	77	144	106	250
	G BLANCO	19	19	0	0	0	0
	JARILLA	48	29	38	0	58	115
	MISTOLDEL ZORRO	38	0	0	10	87	48
	MOLLE	0	10	10	0	0	0
	JU	19	19	48	19	0	19
	PALO DE ANGEL	19	77	29	29	0	0
	PATA	19	0	0	0	0	38
	PIQUILLIN	77	19	0	0	0	0
	TALA	240	10	58	87	67	260
	TEATIN	58	96	38	144	173	404
TUSCA	10	0	0	0	0	0	
ROLADO 1	ABRE BOCA	86	43	0	0	0	9
	ATAMISQUI	171	154	86	26	9	34
	G BLANCO	0	9	9	0	0	0
	JARILLA	60	9	17	0	0	17
	MISTOL DEL ZORRO	51	17	9	0	0	0
	MOLLE	34	17	9	9	0	0
	JU	34	154	34	9	9	0
	PALO DE ANGEL	120	68	17	34	0	0
	PATA	0	9	17	9	0	0
	PIQUILLIN	34	26	0	0	0	0
	TALA	248	163	197	163	94	43
	TEATIN	128	257	436	137	43	34
TUSCA	9	17	0	0	0	0	
ROLADO 2	ABRE BOCA	165	78	9	0	9	9
	ATAMISQUI	296	209	122	44	44	52
	G BLANCO	0	0	9	9	0	0
	JARILLA	0	0	0	0	0	0
	MIST D ZORRO	52	9	26	9	9	17
	MOLLE	70	35	0	17	0	0
	JU	96	35	9	0	9	0
	PALO D ANGEL	0	52	17	9	0	0
PATA	9	9	26	9	0	17	

PIQUILLIN	9	0	17	0	0	0
TALA	96	165	279	174	131	61
TEATIN	78	218	488	78	26	70
TUSCA	0	0	0	0	0	0

En la primera clase de altura del T de las 13 especies hay 12, no se registraron individuos de molle, en el R1 esta ausente el garabato blanco y la pata y en el r2 además de garabato blanco no se registraron individuos de jarilla y tusca. Las tres especies más abundantes (atamisqui, tala y teatin) están presentes en todas las clases de altura pero con distribuciones diferentes. Las distribuciones relativas de atamisqui, tala y teatin por clases de altura para cada tratamiento se presentan en las Figura 3.8 a 3.10.

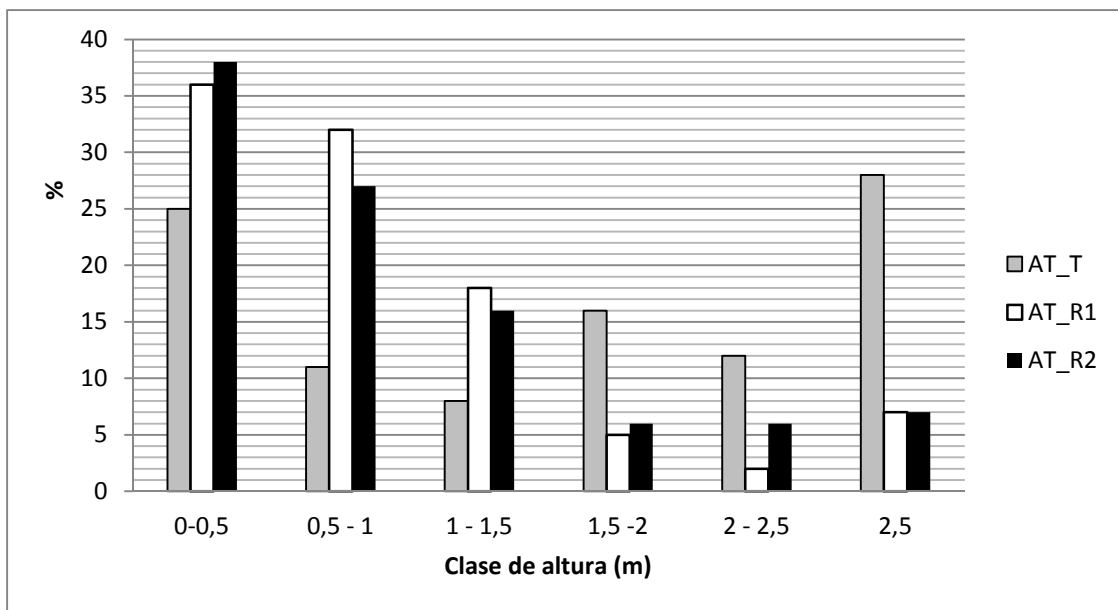


Figura 3. 8 Distribución relativa de Atamisqui por clase de altura para cada tratamiento.

En el Testigo el 50% de los individuos de Atamisqui se encuentran en la primera y la última clase de altura, en el R1 los individuos menores a 1,5 m suman alrededor de 86%, distribución similar ocurre en el R2

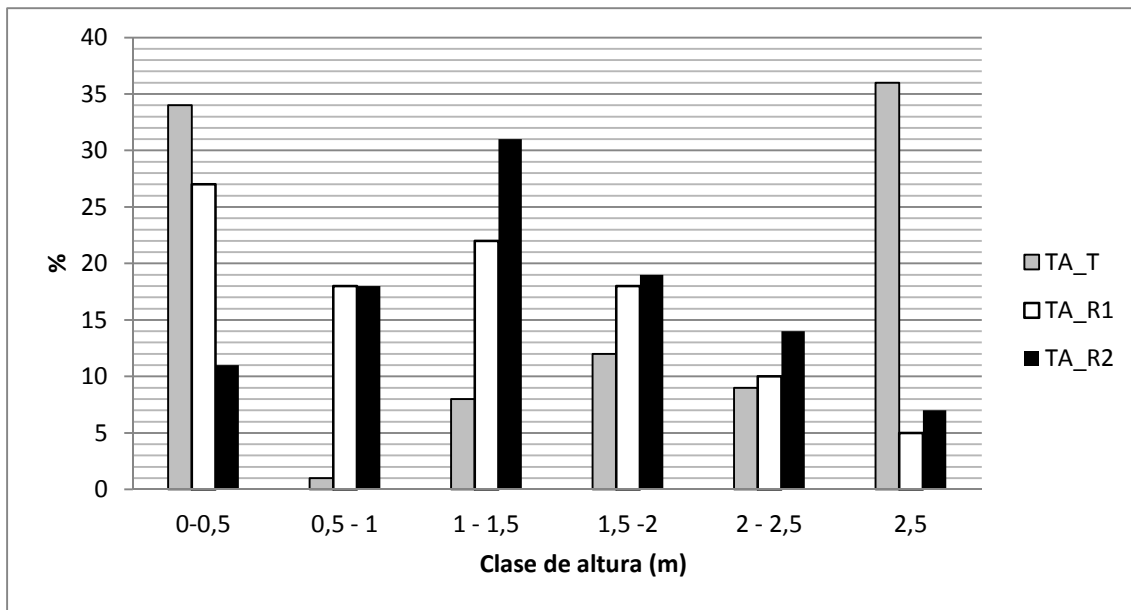


Figura 3. 9 Distribución relativa de tala por clase de altura para cada tratamiento.

La distribución relativa del tala en el testigo es similar a la del Atamisqui, el 34 y el 36 % de los individuos se encuentran en la primera y en la última clase de altura respectivamente. En el rolado uno la distribución tiene una tendencia decreciente, y en el R2 la distribución relativa presenta un máximo en los individuos de 1 a 1,5 m.

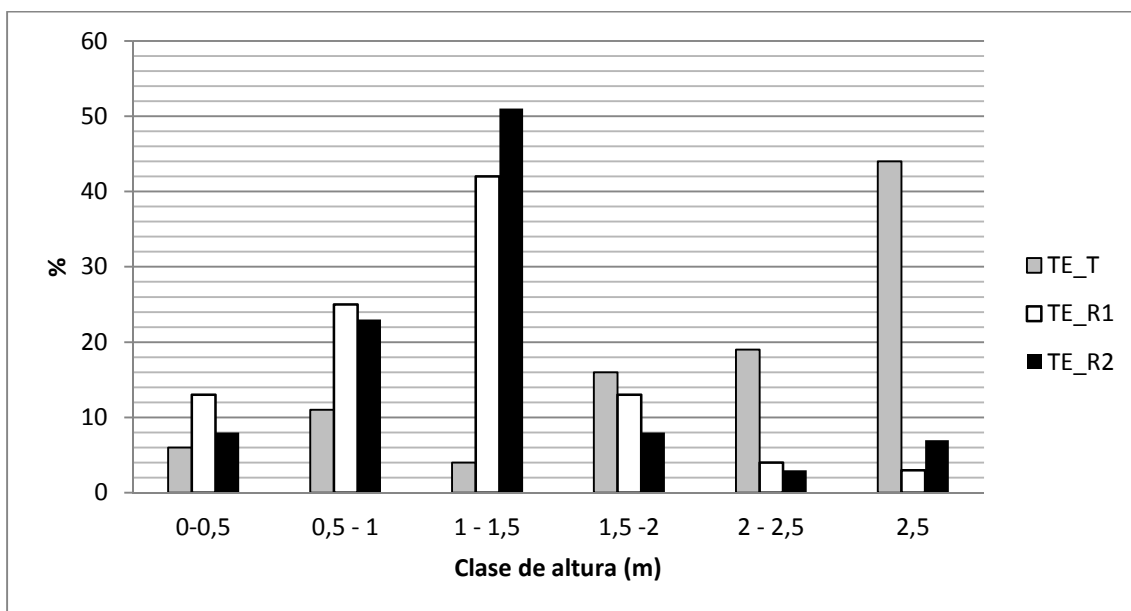


Figura 3. 10 Distribución relativa de Teatín por clase de altura para cada tratamiento.

La distribución relativa del teatin es inversa a la del tala y atamisqui, el 44% de los individuos tiene una altura mayor a 2,5 m, en el R1 y R2 la tendencia es similar, 42 % en R1 y 51 % en R2 tiene una altura entre 1 a 1,5 m.

La altura promedio de arbustos en los tres tratamientos se muestra en la Tabla 3.5

Tabla 3. 5 Altura promedio de arbustos en los tres tratamientos de rolado presentes en el área de estudio. Campo Experimental La María, Santiago del Estero. D.E: desviación estándar, E.E: Error estándar, CV: Coeficiente de variación, Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo

ESPECIE	TESTIGO						ROLADO 1						ROLADO 2					
	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
AB	0,68	0,77	0,13	111,84	0,08	3,22	0,85	0,87	0,19	102,45	0,1	2,93	1	1,02	0,16	101,55	0,1	4
AT	1,62	1,07	0,11	66,29	0,1	4,25	1,39	0,96	0,13	68,69	0,2	3,5	1,37	1,09	0,12	79,45	0,08	5,09
GB	0,59	0,39	0,19	66,12	0,25	0,92	1,16	0,3	0,22	26,33	0,94	1,37	1,41	0,16	0,11	11,03	1,3	1,52
JAR	1,95	1,18	0,21	60,49	0,18	4,14	0,9	0,83	0,24	91,73	0,16	2,98	0	0	0	0	0	0
MDZ	2,06	1,17	0,27	56,54	0,16	4,82	0,8	0,8	0,27	99,75	0,23	2,4	1,09	0,9	0,24	82,21	0,2	3,2
MO	1	0,22	0,16	22,03	0,84	1,15	1,07	0,27	0,13	24,87	0,68	1,27	0,78	0,59	0,24	76,25	0,22	1,85
JUS	1,33	0,7	0,19	52,64	0,31	2,53	1,56	1,11	0,21	71,33	0,11	4,9	0,9	0,48	0,12	53,37	0,3	2,02
P ANG	0,98	0,5	0,13	51,35	0,32	1,93	1,42	0,97	0,18	68,13	0,21	3,8	1,27	0,78	0,26	61,29	0,55	3,04
PAT	2,11	1,42	0,58	67,4	0,28	3,12	1,24	0,37	0,18	29,88	0,84	1,73	1,66	1,2	0,42	72,14	0,15	3,56
PIQ	0,4	0,09	0,03	22,41	0,25	0,55	1,13	0,65	0,24	57,22	0,35	2,3	0,91	0,51	0,29	56,04	0,32	1,2
TA	1,64	1,22	0,14	74,47	0,07	3,7	1,3	0,84	0,08	64,55	0,1	3,95	1,47	0,89	0,09	60,63	0,14	3,95
TE	2,23	1,02	0,1	45,84	0,28	5,2	1,31	0,74	0,07	56,08	0,1	4,31	1,7	1,16	0,11	68,04	0,22	6,8
TUS	0,3	0	0	0	0,3	0,3	0,77	0,24	0,14	31,49	0,63	1,05	0	0	0	0	0	0

3.1.5. Efecto del tratamiento sobre la altura promedio de los individuos

Se encontraron diferencias significativas en la altura promedio. T difiere significativamente de R1 y R2.

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
30	2,41	10,19	4,79	0,21	0,73

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1413,25	<0,0001
TRATAMIENTO	2	31,74	<0,0001

Efectos fijos

	Value	Std.Error	t-value	p-value
(Intercept)	1,01	0,05	20,19	<0,0001
TRATAMIENTOR2	0,12	0,07	1,61	0,1201
TRATAMIENTOT	0,64	0,08	7,77	<0,0001

Medias ajustadas y errores estándares para TRATAMIENTO

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

TRATAMIENTO	Medias	E.E.	
T	1,65	0,07	A
R2	1,13	0,05	B
R1	1,01	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

El Rolado disminuye significativamente la altura promedio de los arbustos respecto al testigo, pero comparando el rolado entre sí, una mayor intensidad de rolado no tiene un efecto significativo.

Para validar el modelo se verificó que se cumplan los supuestos. En la figura 3.11 se muestra el ajuste a la distribución normal de los residuos. Se presentan los resultados del análisis de la varianza de los residuos los cuales indican que se cumple con el supuesto de homocedasticidad

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RE O H	30	0,00	0,00	77648269437422300,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
TRATAMIENTO	0,00	2	0,00	0,00	>0,9999
Error	27,00	27	1,00		
Total	27,00	29			

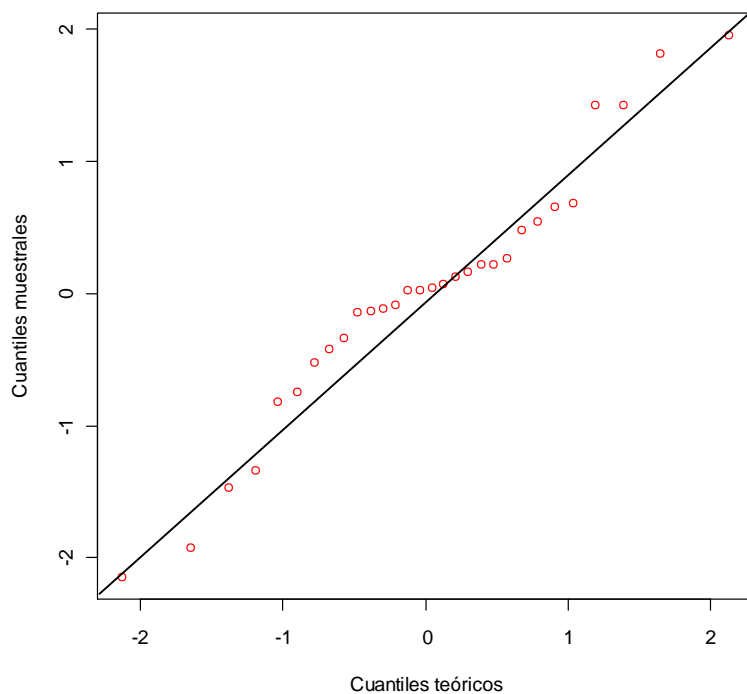


Figura 3. 11 Q-QPlot de los Residuos de altura.

3.2. Selección de la especie

Las tres especies importantes por densidad absoluta, frecuencia y distribución de individuos en todas las clases de altura son: *A. gilliensii*, *C ehrenbergiana* y *C atamisquea*. Trabajos a nivel local y regional identifican a *C ehrenbergiana* como una de las especies arbustivas que esta presente en la dieta del ganado bovino junto a otras arbustivas (como por ejemplo *A. praecox* y *Porlieria michophylla*) (Anderson 1978, Bordon, 1988, Miñon et al, 1991, Nicosia et al, 1997, Martin et al, 1997, Martin et al, 1998, de la Orden & Quiroga 2006, Ortín 2007, Rossi et al, 2008)

Resumiendo podemos decir que el estrato arbustivo del bosque de “La Maria” está conformado por 15 especies arbustivas. El área mínima para descripción de este estrato es de 180 m². La densidad esta alrededor de 3604 pl/ha. En promedio el 70 % de los individuos pertenecen a tres especies, *A gilliensii*, *C ehrenbergiana* y *C atamisquea*. Esta distribución de abundancias se mantiene en los tres sitios estudiados aunque cambia el ranking de las especies en los sitios rolados debido a que *C atamisquea* resulta afectada por el tratamiento. La evaluación del rolado, transcurridos tres periodos de crecimiento, no afectó significativamente la densidad, si es significativo el efecto sobre la variable altura y la distribución de los individuos dentro de las clases de alturas cambia con el tratamiento. De las especies presentes más abundantes, *C ehrenbergiana* resultó según las referencias bibliográficas, de muy buena aptitud forrajera

3.3. Estimación de la forrajimasa individual disponible

Las medidas de resumen (posición y dispersión) de las variables estimadas en 17 individuos en las parcelas roladas y 19 individuos de las parcelas testigo se muestran en la Tabla A.4.6 (en anexo). El análisis de la varianza muestra que no hay diferencias significativas en las variables medidas a campo debido a los tratamientos, si hay diferencias debidas a la estratificación de altura.

Las correlaciones entre las variables directas y sintéticas se presentan en la Tabla A.4.1 y A.4.2 en el anexo. La variable diámetro mayor de la copa (DMAY) y perímetro de copa (PERICOPA) son las de mayor correlación con el peso seco de la forrajimasa para ganado vacuno, mientras que para el peso seco de la forrajimasa para cabra es el perímetro de copa.

Las medidas de resumen y dispersión según la estratificación por clase de altura de las variables medidas a campo se presentan en la figura 3 12.

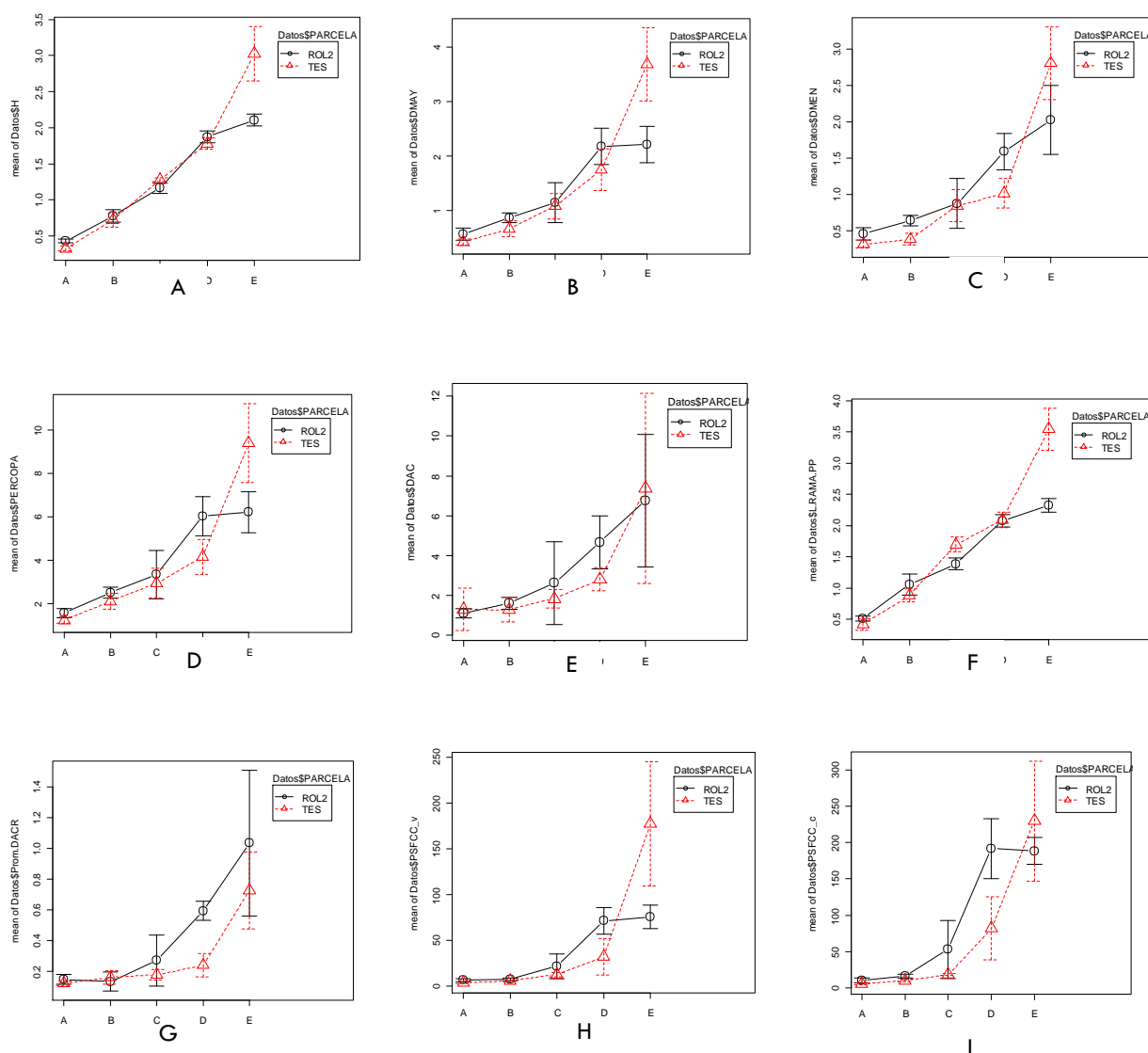


Figura 3. 12 Grafico de medias y desviación estandar de las variables medidas para cada clase de altura y tratamiento. A: altura(m); B: diámetro mayor (m); C: diámetro menor (m); D: perímetro de copa (m); E: diámetro a altura de cuello (cm); F: longitud de la rama principal (m); G: diámetro promedio de la inserción de las ramas basales; H: peso seco de la forrajimasa cosechada para ganado vacuno (g); I: peso seco de la forrajimasa cosechada para ganado caprino (g)

Las variables medidas en las parcelas roladas presentaron valores superiores en las cuatro primeras clases de altura, solo la variable longitud de la rama principal (Figura 3 12) mantiene este comportamiento para individuos menores a un metro (primera y segunda clase de altura). Es

probable que la amplitud del rango de altura de la clase 5 explique este comportamiento (T: 2,63 a 3,33 m; R2: 2,02 a 2,19 m).

La prueba de homogeneidad de pendiente de las regresiones simples cuando se incluyó el tratamiento como variable *Dummy*, resultó no significativa para todas las variables, por lo que se generó un único modelo para la estimación de la forrajimasa cosechada para cada tipo de ganado

Tabla 3. 6. Ecuaciones potenciales para predecir forrajimasa consumible por tipo de ganado utilizando descriptores de estructura como variables predictoras. PSFCC_v=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); H=altura (m); DMAY=diámetro mayor (m); DMEN=diámetro perpendicular al mayor (m); PERICOPA= perímetro de copa (m); DAC=diámetro altura de cuello (cm); L RAMA PP= longitud de la rama principal (m). Todos los modelos fueron estadísticamente significativos (P<0.01) y cumplen con los supuestos de normalidad de los residuos y homocedasticidad. El tamaño de muestra fue de 36 arbustos (n=36).

Variable	N°	Modelo	R2 aj	ECM	Normalidad	Homocedasticidad
H	1	$PSFCC_v = e^{(0,729+1,496H)}$	0,75	0,53	SI (W= 0,96 p= 0,64)	SI
	2	$PSFCC_c = e^{(1,41+1,516H)}$	0,74	0,63	SI (W=0,85 p= 0,07)	SI
DMAY	3	$PSFCC_v = e^{(1,126+1,142DMAY)}$	0,75	0,54	SI(W=0,98 p= 0,901)	SI
	4	$PSFCC_c = e^{(1,97+1,088DMAY)}$	0,74	0,55	SI (w= 0,98 p= 0,90)	SI
DMEN	5	$PSFCC_v = e^{(1,283+1,397DMEN)}$	0,69	0,66	SI(W= 0,97 p= 0,81)	SI
	6	$PSFCC_c = 10,214 + 27,33DMEN^2$	0,95	510,21	SI(W= 0,94 p= 0,31)	SI
PERICO PA	7	$PSFCC_v = e^{(1,028+0,449PERICOPA)}$	0,76	0,54	SI(W= 0,97 p= 0,85)	SI
	8	$PSFCC_c = -53,471 + 33,722PERIC$	0,86	15514,67	SI(W = 0,97, p= = 0,75)	SI
DAC	9	$PSFCC_v = e^{(1,423+0,425DAC)}$	0,61	0,93	SI(W = 0,97, p = 0,70)	SI
	10	$PSFCC_c = e^{(2,121+0,43DAC)}$	0,59	1,132	SI(W = 0,97, p = 0,82)	SI
L.RAMA .PP	11	$PSFCC_v = e^{(0,927+1,223L.RAMA.PP)}$	0,64	0,74	SI(W = 0,95, p = 0,40)	SI

En la mayoría de los casos el mejor ajuste y el cumplimiento de los supuestos de la regresión (normalidad y homocedasticidad de los residuos) se encontró aplicando una transformación de logaritmo natural a las variables dependientes. Las ecuaciones simples de la forrajimasa consumible para ganado vacuno presentaron menores R^2 aj que los modelos de predicción de forrajimasa para el ganado caprino. La variable que mejor predice la forrajimasa vacuna es el perímetro de copa, mientras que para el ganado caprino se ajusta mejor la segunda potencia del diámetro menor de copa.

Las ecuaciones que contienen altura como variable predictora, presentan un buen ajuste en ambos modelos. Por ser la altura una variable fácil de medir en el campo, se realizó la validación del modelo. Se presentan los modelos de forrajimasa con todos los datos y los grupos de validación, Tabla 3 7.

Tabla 3. 7. Modelos de forrajimasa consumible por tipo de ganado en función de la altura, ajustados con todos los datos y con los grupos de validación, estadísticos de bondad de ajuste y de valor predictivo de los mismos. PSFCC_v=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); H= altura natural.

	Modelo	PSFCC_v	PSFCC_c
		$PSFCC_v = e^{(0,729+1,496H)}$	$PSFCC_c = e^{(1,41+1,516H)}$
	N	36	36
Estadísticos de los modelos ajustados con todos los datos	R ² Aj	0,748	0,742
	CME	0,527	0,626
	EE _{CONST}	0,219	0,227
	EE _{PENDIENTE}	0,145	0,15
		$PSFCC_v = e^{(0,722+1,455H)}$	$PSFCC_c = e^{(1,522+1,405H)}$
	N	20	21
Estadísticos de la primera validación ajustado con conjunto de datos de estimación validada con conjunto de datos de predicción	R ² Aj	0,734	0,724
	CME	0,582	0,645
	EE _{CONST}	0,287	0,287
	EE _{PENDIENTE}	0,199	0,192
	R ² PREDICCIÓN	0,74802	0,73806
	IR	0,00002	0,018
	DG	2,93%	14,7%
		$PSFCC_v = e^{(0,676+1,53H)}$	$PSFCC_c = e^{(1,22+1,688H)}$

	N	16	15
	R ² Aj	0,744	0,757
Estadísticos de la	CME	0,711	0,876
segunda validación	EE _{CONST}	0,363	0,384
inversión del conjunto	EE _{PENDIENTE}	0,229	0,252
de datos.	R ² PREDICCIÓN	0,761042362	0,77470
	IR	0,013	-0,015
	DG	7,45%	-27,3%

Los resultados de la doble validación cruzada indicaron que los modelos ajustados con todos los datos y con los conjuntos de estimación y predicción tuvieron similar desempeño, los tres modelos presentaron un ajuste aceptable, buen valor predictivo y coeficientes estables.

De los modelos generados a partir de las variables sintéticas mediante transformación y/o combinación de las variables medidas a campo, se seleccionaron dos para la estimación de la forrajimasa para ganado vacuno con las variables AxP: área de proyección de copa (m²) y RxDMAY: sección mayor de copa (m²). Entretanto, para el modelo de peso seco consumible por caprinos se seleccionó la variable DCPROM: promedio de los diámetros de copa, estas ecuaciones se presentan en la Tabla 3 8.

Tabla 3. 8. Ecuaciones potenciales para predecir forrajimasa consumible por tipo de ganado utilizando variables sintéticas como variables predictoras. PSFCC_v= peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); DCPROM= promedio de los diámetros de copa (m);); AxP= área de proyección de copa (m²); RxDMAY= sección mayor de copa (m²). Todas los modelos fueron estadísticamente significativos (P<0.01) y cumplen con los supuestos de normalidad de los residuos y homocedasticidad. El tamaño de muestra fue de 36 arbustos (n=36).

Modelo	Ecuación	R2aj	ECM	Normalidad	Homocedasticidad
1	$PSFCC_v = 0,22 + 20,313AxP$	0,89	342,92	SI (w=0,93 p= 0,15)	SI
2	$PSFCC_v = -4,15 + 14,94RxDMAY$	0,93	290,06	SI (w=0,96 p= 0,58)	SI
3	$PSFCC_c = -41,91 + 95,09DCPROM$	0,86	1326,08	SI (w=0,95 p= 0,44)	SI

Los modelos fueron seleccionados porque presentan un buen ajuste y cumplen con los supuestos del análisis de la regresión. El mejor ajuste para la estimación de forrajimasa de tala para ganado bovino lo presenta el modelo 2, que tiene una desviación global de -8,48%, mientras que para caprinos fue el modelo 3 el que presenta una desviación global de 0,57%.

Los modelos múltiples generados a partir de los dos tipos de variables se presentan en la Tabla 39. No todos resultaron ajustables a ecuaciones lineales múltiples, con la aplicación de la metodología stepwise quedaron reducidas a un modelo lineal simple.

Tabla 3. 9. Ecuaciones potenciales para predecir forrajimasa consumible por tipo de ganado utilizando variables directas y sintéticas como variables predictoras. PSFCC_v=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c=peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g);. H= altura natural (m); DMAY=diámetro mayor (m); PERICOPA= perímetro de copa (m); PROMDACR= promedio de los diámetros de inserción de las ramas basales (cm); DCPROM= promedio de los diámetros de copa (m);); AxP= área de proyección de copa (m²); RxDMAY = sección mayor de copa (m²); DCPROM= promedio de los diámetros de copa (m); VOL_COPA_G = volumen de Copa 3 (m³); DIF_DDC: diferencia de los diámetros de copa (m); V_1dvNRB= volumen aparente 1 de ramas individuales (m³); AdC Elipse= area de la proyección de copa (m²) . Todas los modelos fueron estadísticamente significativos (P<0.01) y cumplen con los supuestos de normalidad de los residuos y homocedasticidad. El tamaño de muestra fue de 36 arbustos (n=36).

Trat.	Tipo de Variable	Ecuación	R2aj	Ecm	Normalidad	Homoce- dasticidad	
1	R2	DIR	$PSFCC_v = -22,09 + 87,48H + 41,26DMAY - 67,32LRAMAPP - 28,36PROMDACR$	0,92	94,11	SI (w=0,93 p= 0,47)	SI
2	T	DIR	$PSFCC_v = -32,79 + 274,53PROMDACR$	0,94	348,04	SI (w= 0,92 p=0,25)	SI
3	R2	SINT	$PSFCC_v = -2,52 + 12,77RxDMAY$	0,79	494,76	SI (w=0,95 p= 0,33)	SI
4	T	DIR	$PSFCC_c = -32,04 + 354,04PROMDACR$	0,89	1145,98	SI (w=0,89 p=0,06)	SI
5	R2	DIR	$PSFCC_c = -65,72 + 39,83 PERICOPA$	0,87	1180,01	SI (W=0,95 p=0,66)	SI
6	R2	SINT	$PSFCC_c = -39,78 + 126,06VOL_{COPA_c} - 104,43AdC\ Elip - 127,63 V_{1dvNRB} + 141,88DCPROM$	0,98	197,36	SI (W=0,98 p=0,95)	SI
7	TOT	DIR	$PSFCC_c = -49,0572 + 22,51 PERICOPA + 83,34PROMDACR$	0,88	1140,6	SI (W=0,94 p=0,23)	SI
8	TOT	SINT	$PSFCC_v = 0,47 + 8,7RxDMAY + 5,53VOL_{COPA_G}$	0,90	350,56	SI (W=0,94 p=0,14)	SI

En general se observa que los indicadores de bondad de ajuste de las ecuaciones múltiples son mejores que las regresiones simples. Los modelos de regresión múltiple, sin discriminar tratamientos son robustos si usan variables directas para estimar forrajimasa para caprinos, y para vacuno sí usan variables sintéticas. Analizando su desviación global el modelo 7 tiene valores de -6,45% y 0,04% el modelo 8 (ver Tabla 3 9).

Los modelos generados muestran que las mejores variables para predecir el peso seco de biomasa forrajera de tala para el ganado bovino es perímetro de copa, en segundo lugar la mejor variable es la altura, esta última con un ajuste bajo de desviación global (0,76%). En el caso de la estimación de la forrajimasa consumible por el ganado caprino el mejor predictor es el diámetro menor. Los modelos generados para ambos tipos de ganado con la altura como variable regresora presenta un buen ajuste para el ganado vacuno y sobrestima en un 3,18% para ganado caprino.

Las variables sintéticas sección mayor de copa y promedio de los diámetros de copa tienen modelos de mejor ajuste para estimar la forrajimasa consumible por vacunos y caprinos respectivamente.

3.3.1. Composición de la forrajimasa individual disponible

El peso de materia seca cada componte (hojas y ramas) se muestra en la Figura 3. 13.

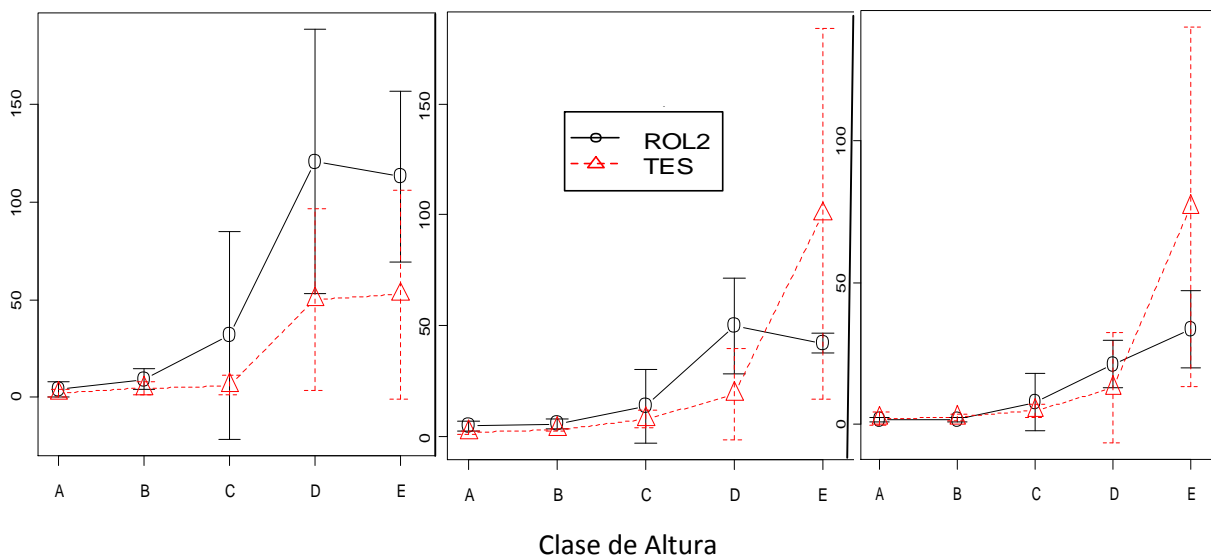


Figura 3. 13. A: Peso seco de hojas de ramas lignificadas; B: Peso seco de hojas de ramas no lignificadas; C: Peso seco de ramas no lignificadas

El peso seco de hojas y ramas de los individuos del rolado 2 es mayor que los del testigo en las primeras 4 clases de altura y se invierte para los individuos de más de 2 m de altura. La variabilidad del peso de las hojas de las ramas lignificadas en el rolado 2 aumenta con la altura, salvo en la última clase, mientras que el testigo presenta en general menor variabilidad. El porcentaje de hojas y de ramas se presenta en la Figura 3. 14

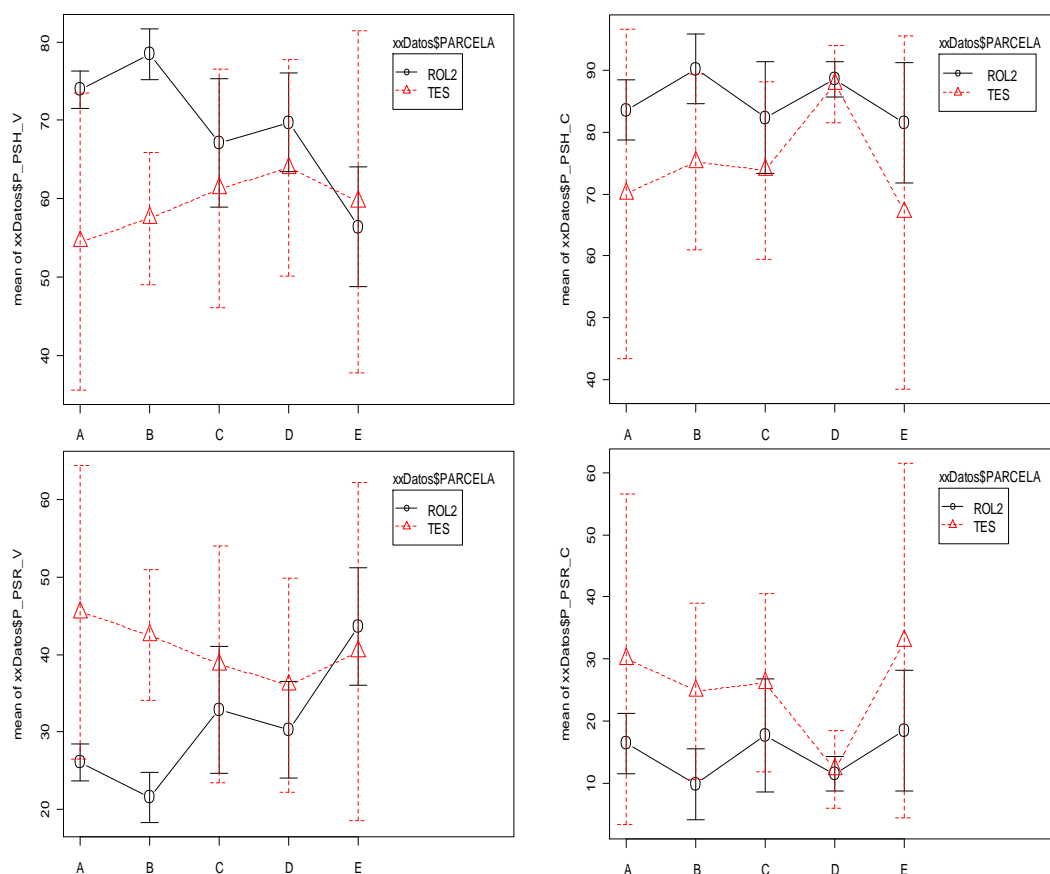


Figura 3. 14. Porcentaje de peso seco de hojas y ramas en la forrajimasa según tipo de ganado.

En la forrajimasa disponible para ganado vacuno, el porcentaje de hojas tiende a disminuir con la altura en el rolado, mientras que para el caso de forrajimasa caprina para el rolado no presenta tendencia. La participación de las ramas no lignificadas de los individuos del testigo es superior en todas las clases de altura para ambos tipo de ganado, salvo en los individuos mayores a 2 m de la forrajimasa para ganado vacuno. Los porcentajes del peso de hojas y ramas del sitio rolado presentan menor variabilidad que el del sitio testigo.

La relación inversa entre el porcentaje de hojas y tamaño de los individuos encontrada por este estudio coincide con otros trabajos de biomasa total realizados sobre esta y otras especies leñosas (Gaillard et al., 2002; Hierro et al., 2000; Pece et al., 2003).

3.3.2. Estimación de la forrajimasa disponible por unidad de área

La estimación de la oferta de forrajimasa de tala para cada tipo de ganado se presenta en la Figura 3. 15

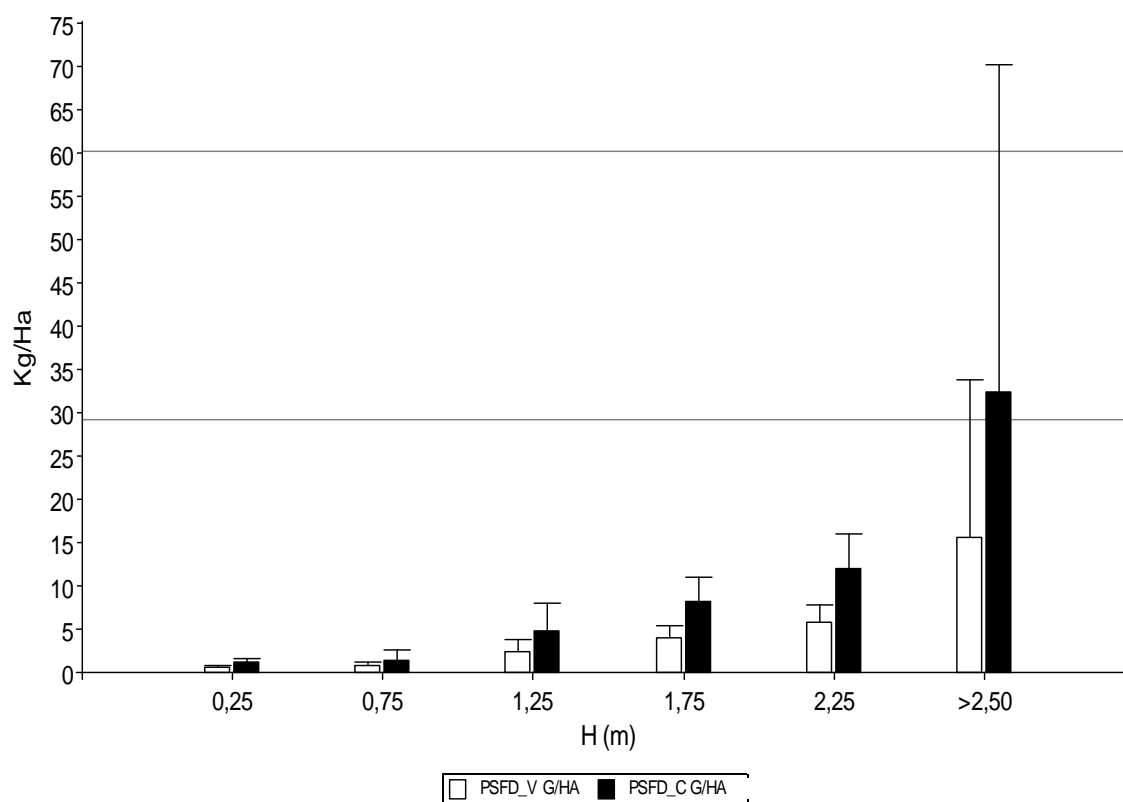


Figura 3. 15. Peso seco de la forrajimasa promedio y desviación estándar disponible para ganado vacuno y caprino por Clase de altura

El total de forrajimasa disponible para el ganado vacuno es de 29,24Kg/ha y para el ganado caprino se estima 60,24 Kg/ha. La estimación individual y por unidad de superficie, por clase de altura se presenta en la Tabla 3. 10.

Tabla 3. 10. Peso estimado de la forrajimasa disponible para ganado vacuno y caprino individual (PSFD) y por unidad de superficie

Ind./Ha	Altura (m)	PSFD_V (g)	PSFD_C (g)	PSFD_V /HA (Kg/Ha)	PSFD_C /HA (Kg/Ha)
195	0,25	3,01	6,03	0,59	1,17
113	0,75	6,37	12,83	0,72	1,45
178	1,25	13,45	27,29	2,39	4,86
141	1,75	28,42	58,07	4,02	8,21
97	2,25	60,04	123,54	5,84	12,02
121	2,55	114,17	236,38	15,66	32,46
Total		225,45	464,14	29,22	60,17

La biomasa forrajera disponible para ganado caprino duplica a la cantidad estimada para el ganado vacuno, las primeras clases de altura aportan alrededor del 4% de la forrajimasa total por hectárea, los individuos cuyas altura están entre 1 a 2 m aportan alrededor del 19%, mientras que los individuos mayores a 2 m componen el 77% de la forrajimasa.

Estimaciones de disponibilidad de forrajimasa de arbustos en la estación de crecimiento para ganado caprino, en la zona de Quimili, indican que la biomasa disponible es 45 kg/ha de hojas de Tusca (en un sitio dominado por la especie) y 185 Kg/ha de hojas de arbustos en un monte heterogéneo con estructura vertical completa. Además indica que el aporte de los arbustos en la biomasa disponible para caprinos es de alrededor de las 2/3 partes. (Cotroneo, 2010). Otra estimación de la forrajimasa de tala en un sitio con pastoreo en el departamento Rio Hondo, indica que los individuos adultos de tala aportan 304 g/m³ de copa durante la época seca, mientras que una determinación en un bosque secundario con pastoreo caprino indica que el estrato superior de talas aportan 580 kg MS/año (Renolfi, Coronel, & Gómez, 2012).

A nivel de eco región estimaciones de forrajimasa disponible para ganado vacuno de arbustos, en un monte con aprovechamiento forestal intenso, es ~261 Kg/ha (Ortín, 2007). Otro estudio realizado en el Chaco Semiárido de Tucumán (Martin et al., 2001) indica que individuos promedios de la población de tala de 2 m de altura producen 167,8 g y los de 3 m de altura aportan 341,9 g. A nivel de individuos adultos promedio la forrajimasa foliar ramoneable es de 0,149 Kg/ind y 0,033 Kg/m² de cobertura (Martin, 2007) La forrajimasa total de arbustos estimada para ese sistema es de 126,31 Kg/Ha de lo cual el aporte del tala ronda un 13,5 %. En

sistemas semiárido similares al Chaco estudios realizados sobre *C. pallida* (sinónimo de *C. ehrenbergiana*) determinaron que individuos de tamaño promedio producen $169,3 \pm 35,6$ g de materia seca de biomasa hojas (Foroughbakhch et al., 2009). Según todos estos antecedentes y las estimaciones realizadas en este estudio, se observa la importancia de la magnitud del aporte a la forrajimasa disponible por leñosas, acentuándose aún más los sitios dominados por las mismas.

En el Chaco Semiárido las producciones anuales de forrajimasa varían desde 300 Kg/ha/año para un pastizal natural de condición pobre a 1200 Kg/ha/año en buena condición. De esta forrajimasa un pastoreo adecuado utiliza un 50% y un pastoreo intenso consume un 70% (Díaz, 2007), quedando un remanente de biomasa consumible entre 150 Kg/ha y 600 kg/ha.

3.4. Indicadores del valor nutricional de la forrajimasa de tala

3.4.1 Parámetros nutricionales determinados en laboratorio

Los valores de los parámetros indicadores de la calidad del forraje se muestran en la Tabla 3.11.

Tabla 3. 11. Valores promedios de Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), por fracción de forrajimasa y tratamiento

	MS		PB		FDA		FDN	
	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.	Promedio	E.E.
Tratamiento	Hojas de ramas no lignificadas							
Rolado	92,38 A	0,34	23,66 A	0,42	12,88 A	0,15	30,84 A	1,25
Testigo	92,34 A	0,29	22,22 B	0,4	12,68 A	1,71	28,1 A	1,04
Tratamiento	Hojas de ramas lignificadas							
Rolado	93 A	0,27	22,08 A	0,75	13,06 A	0,65	28,12 A	0,57
Testigo	92,74 A	0,2	21,34 A	0,69	11,3 A	0,47	24,36 B	0,72
Tratamiento	Ramas no lignificadas							
Rolado	93,28 A	0,17	11,12 A	0,48	50,82 A	1,63	72,72 A	0,61
Testigo	93,14 A	0,14	10,5 A	0,36	46,86 A	0,81	71,24 A	1,12

Los valores de los parámetros de calidad MS, PB, FDA, FDN para la forrajimasa de Tala fueron mayores en el rolado, no obstante no hay diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0,05$). En el caso de la PB y FDN fueron significativamente diferentes en la categoría hojas de ramas no lignificadas y hojas de ramas lignificadas. Ramírez et al (2000) determinó para los mismos parámetros valores similares medidos en la época de primavera (PB=21,7, FDA=14,3 y MS=80). Para la estación de descanso (otoño-invierno), Rossi et al (2008) encontró que las hojas tienen valores más bajos de PB (16,14), aproximadamente el doble de FDA (21,17), mientras que los valores de FDN (29,28) se mantienen muy próximos. Estos resultados sugieren que este forraje aún en la época de senescencia mantiene la preferencia del consumo voluntario de MS, pero bajaría un 10% la digestibilidad.

Determinaciones de parámetros nutricionales en hojas tiernas de tala en sitios del Dpto. Rio Hondo, indican que contienen 27,79 % de Proteína Bruta, y 14,24 % de fibra cruda (Martín et al., 1997). Estos valores resultan superiores a las que presentan nuestras determinaciones y se debe a que el comportamiento de estas variables cambian en función de la madurez de los tejidos, cuanto más tiernos mayor es el contenido, el contenido de fibra se comporta de manera inversa.

Estudios de contenido de proteína realizados con tratamientos similares de rolado en Texas, indican que las hojas de *Celtis pallida* (sinónimo de *C ehrenbergiana*) evaluadas luego de 9 años del tratamiento presentan valores entre $16,88 \pm 0,27$ % en el sitio rolado y $17,14 \pm 0,60$ % en sitios de control, mientras que la evaluación realizada tres años después del segundo rolado $16,58 \pm 0,36$ % comparado con el no tratado que tenía $14,44 \pm 0,67$ %, ninguna de las comparaciones (rolado vs no rolado) son significativas (Schindler, Fulbright, & Forbes, 2004).

Analizando el contenido de Proteína bruta durante el invierno en sitios del Chaco Semiárido, las hojas de tala contienen 16,14%, mientras que mezcla de hojas y tallos tiernos en la misma época alcanza un 13,85 % (Coronel, 2007). Para la misma época, otros arbustos como el atamisqui (*Capparis atamisquea*) tiene en hojas 17,58% y mistol de zorro (*Castella coccínea*) 15,84%. Analizando la degradabilidad de la proteína bruta, el tala presenta en esa época niveles de 83,27%, frente a la Tusca (*Acacia aroma*) que presenta 16,22 % de Proteína bruta pero un 18,38 % de degradabilidad (C. Rossi et al., 2002). Comparando con otros forrajes tradicionales es destacable la calidad nutritiva de la especie estudiada, en general las gramíneas en época invernal presentan niveles menores al 5% de PB (Rossi et al. 2001); el gatton panic (*Panicum maximun* cv Gatton panic) presenta en la época de crecimiento $5,4 \pm$

0,85% de proteína bruta a nivel de planta entera (Cornacchione & Reineri, 2008) a lo largo del año fluctúa entre 9,9% en primavera, 4,9% en otoño y 3,9% en invierno (Díaz, 2007) , y otros forrajes como las plantas diferidas de maíz y sorgo contienen 7,6 y 7,1% respectivamente (Maresca, Echeverri, Quiroz, & Recavarren, 2012).

3.4.2. Parámetros nutricionales estimados

3.4.2.1. Digestibilidad

Los parámetros nutricionales estimados a partir de la Fibra detergente neutro se presenta en la Figura 3. 16 y 3. 17

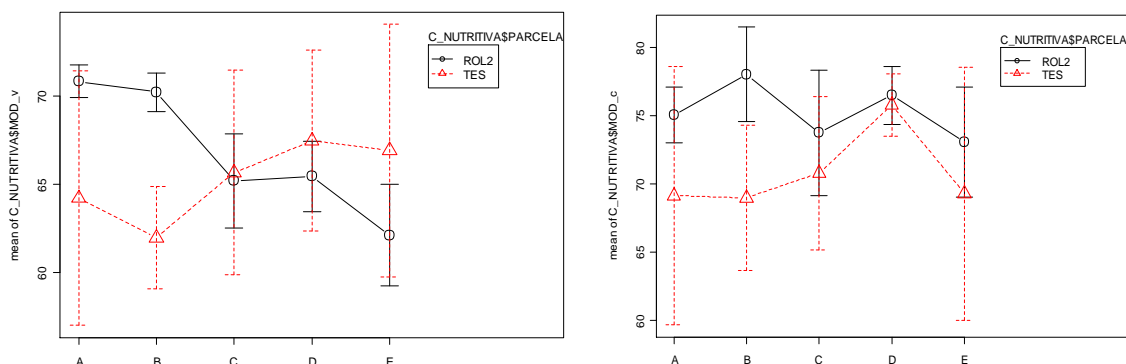


Figura 3. 16.. Porcentaje de Materia Orgánica digestible para ganado vacuno (MOD_v), y caprino (MOD_c) por clase de altura y tratamiento.

El porcentaje promedio de materia orgánica digestible de forrajimasa para ganado vacuno en las parcelas roladas (66,77%) es mayor que la del testigo (65,24%) pero no difiere significativamente ($p=0,43$). Para el ganado caprino el porcentaje de materia orgánica digestible proveniente de las parcelas roladas (75,29%) es significativamente mayor que las del testigo (70,79%; $p=0,025$). No hay diferencias significativas en el comportamiento entre las clases de altura ($p= 0,21$ MOD_v y $p= 0,62$ MOD_c).

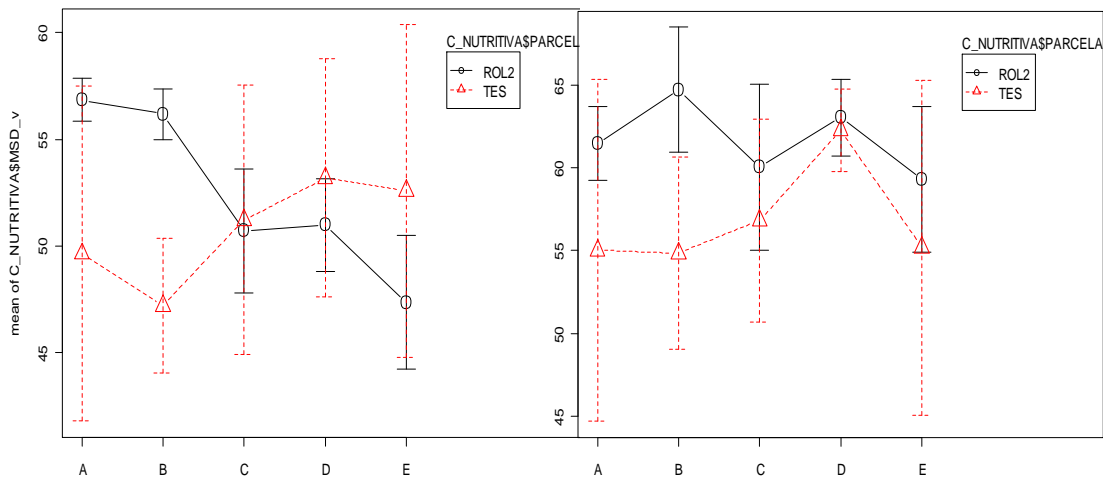


Figura 3. 17. Porcentaje de Materia Seca Digestible para ganado vacuno (MSD_v) y ganado caprino (MSD_c) por clase de altura y tratamiento.

El porcentaje de materia seca digestible para el ganado vacuno tiene el mismo comportamiento que el porcentaje de MOD. En el rolado es de 52,43% y en el testigo 50,75% y no presentan diferencias significativas ($p= 0,21$). En contraste, para el ganado caprino el porcentaje de materia seca digestible si presenta diferencias significativas entre el rolado (61,71%) y el testigo (56,82%) ($p= 0,026$). En el análisis de la variabilidad entre clase las tendencias entre la materia seca y la materia orgánica digestible son similares y no presentan diferencias estadísticas significativas ($p=0,215$ MSD_v y $p= 0,627$ MSD_c).

Comparando los valores con otros estudios es importante señalar que el porcentaje estimado en función de la FDN para MSD del tala presentan valores similares (Rossi et al. 2008). Valores similares al del testigo (56,1%) encontraron en estudios realizados en dietas de cabras en México (Ramírez, 1998). Respecto a otras leñosas, el tala presenta un alto porcentaje de MSD y comparte esta cualidad con *Bulnesia foliosa* y *Larrea divaricata* (Rossi et al. 2008).

Respecto a la MSD que presentan las pasturas nativas las estimaciones presentadas en este trabajo son superiores, si comparamos los valores en época similares (marzo 45% a 52% dependiendo la especie) (Díaz, 2007). Comparada pasturas exóticas los valores estimados de tala son similares a las que presentan tejidos y hojas nuevas (65%) (De León 1992).

3.4.2.2. Energía Digestible y Metabolizable

Los valores estimados de Energía Digestible y Metabolizable se presentan en la Figura 3. 18, 3. 19, 3. 20 y 3.21.

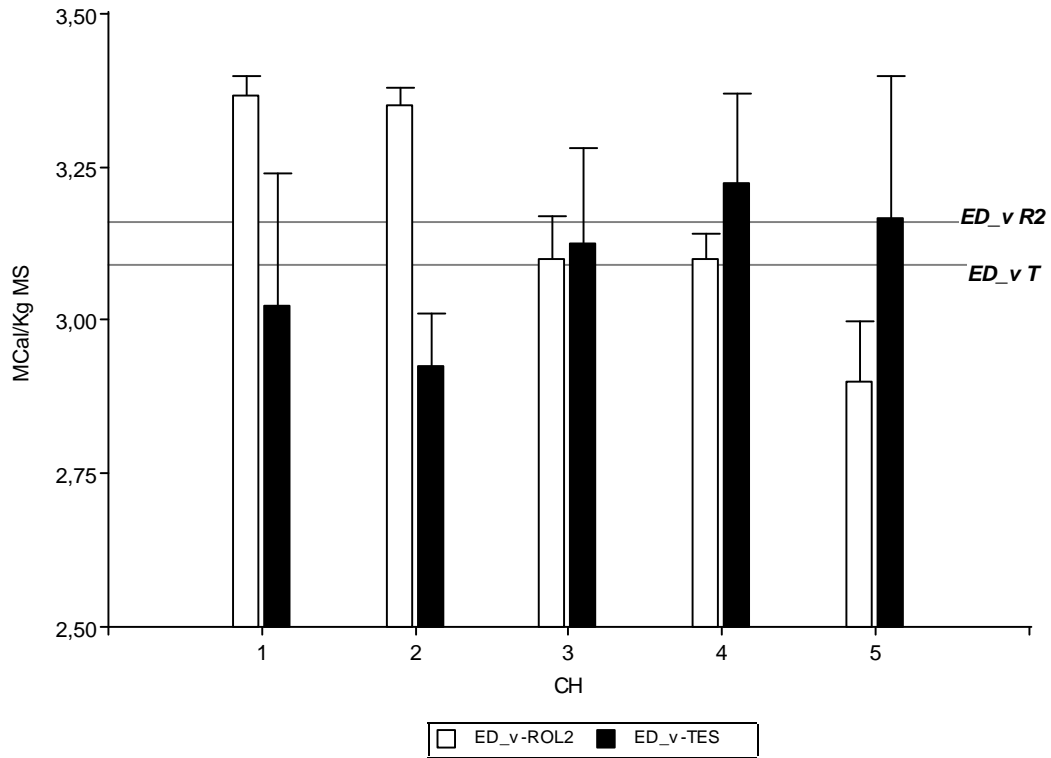


Figura 3. 19. Energía Digestible estimada y desviación estándar de la forrajimasa para ganado vacuno por clase de altura y tratamiento. Línea horizontal es el promedio por tratamiento.

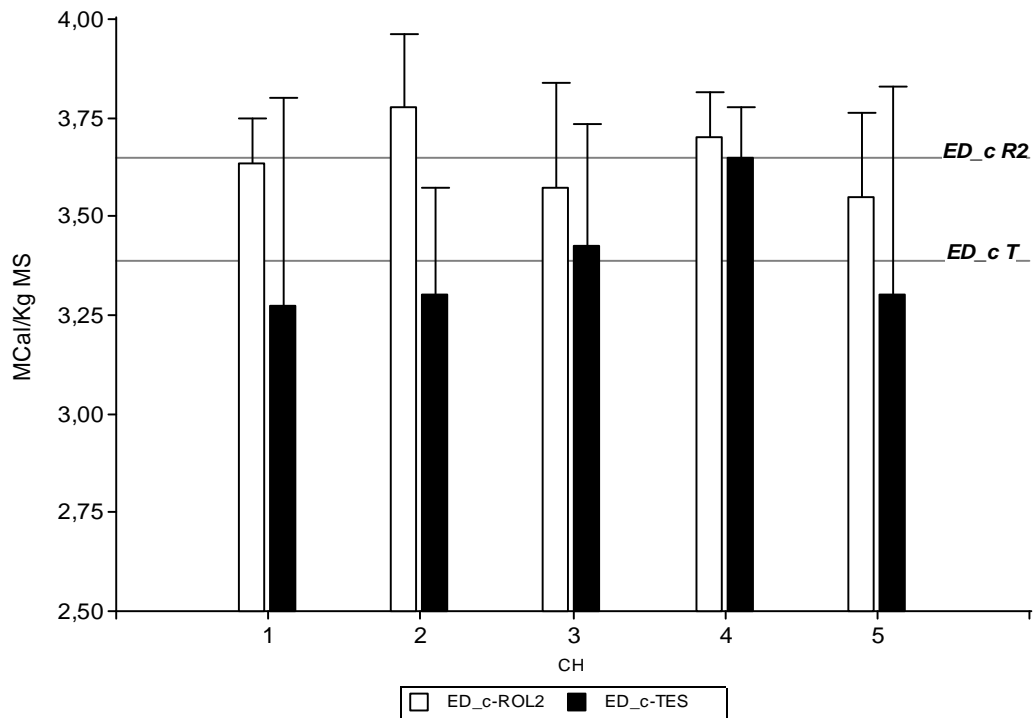


Figura 3. 18. Energía Digestible estimada y desviación estándar de la forrajimasa para ganado caprino por clase de altura y tratamiento. Línea horizontal es el promedio por tratamiento.

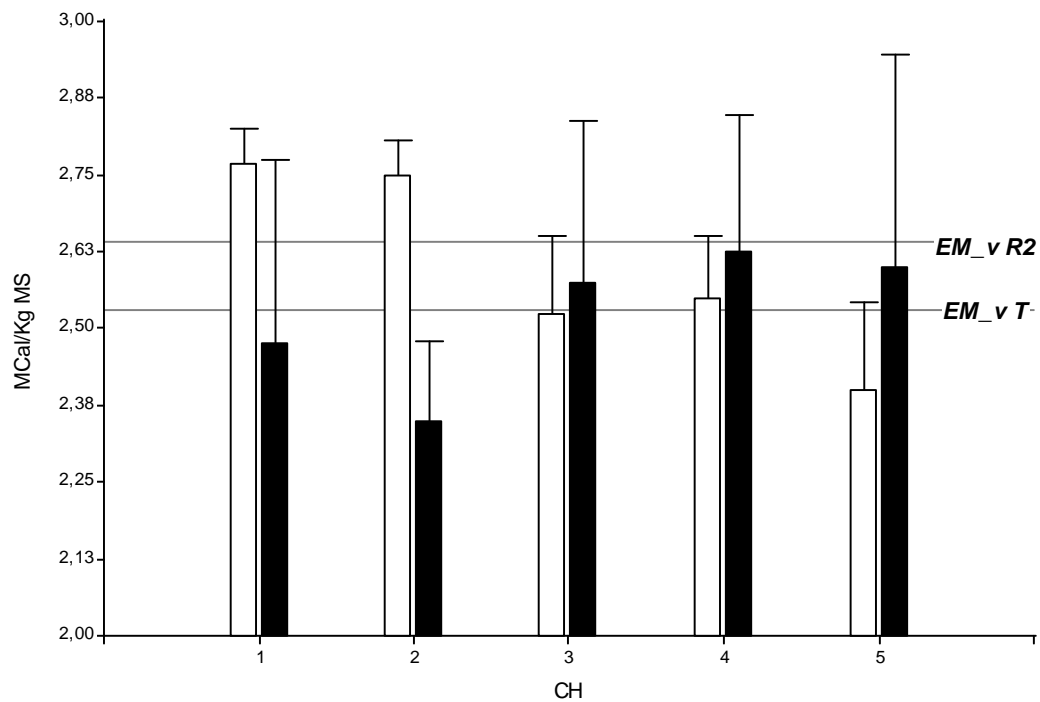


Figura 3. 20. Energía Metabolizable estimada y desviación estándar de la forrajimasa para ganado vacuno por clase de altura y tratamiento. Línea horizontal es el promedio por tratamiento

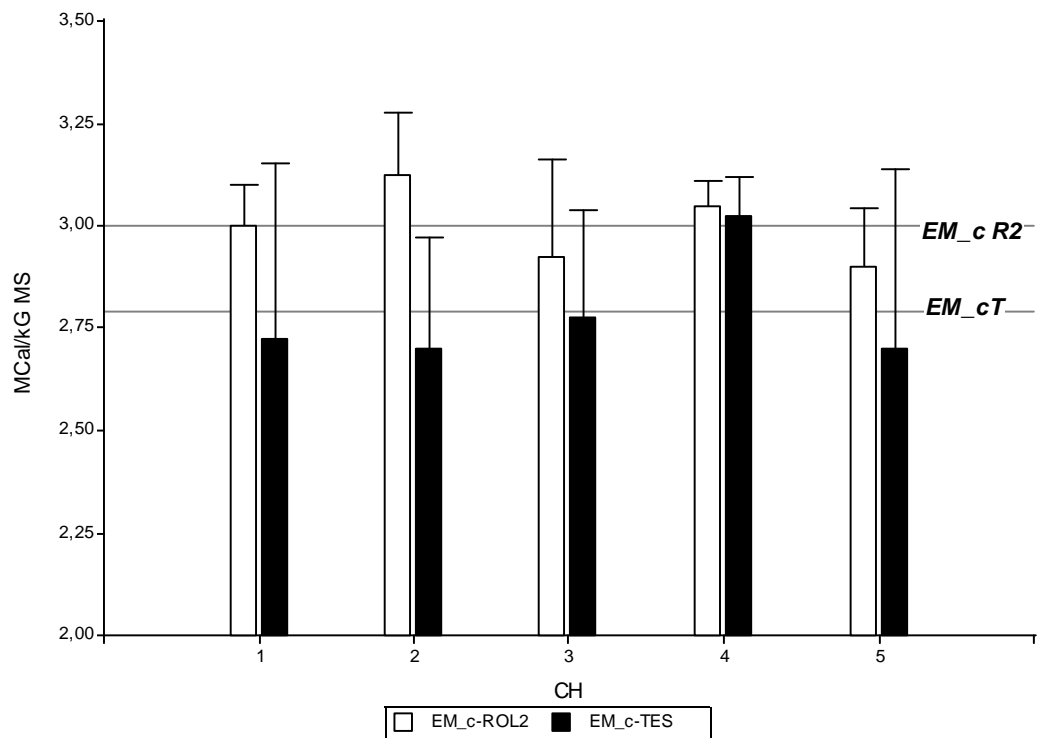


Figura 3. 21. Energía Metabolizable de la forrajimasa estimada y desviación estándar para ganado caprino por clase de altura y tratamiento. Línea horizontal es el promedio por tratamiento

La energía digestible y metabolizable de forrajimasa analizadas tienen comportamiento similar al de la materia orgánica y seca digestible, para ambos tipos de ganado. La energía digestible ($p=0,0168$) y la metabolizable ($p=0,0237$) de la forrajimasa de las parcelas roladas para ganado caprino es superior a la del testigo.

La energía digestible para ganado vacuno es de 3,14 MCal/Kg y la metabolizable es 2,6 MCal/Kg. Comparando estos valores con la de pasturas megatermicas, los valores estimados son superiores al rango de 1,5 a 1,8 Mcal/Kg MS que presentan las mismas (Slanac et al., 2003).

Los valores estimados de energía digestible y metabolizable para ganado caprino son 3,53 MCal/kg MS y 2,89 MCal/kg MS respectivamente.

A modo de síntesis podemos decir que la forrajimasa consumible para ganado vacuno y caprino de individuos de *C ehrenbergiana* (forma arbustiva) fueron estimadas con modelos de regresión simple y múltiple. Los mejores modelos se generaron con la variable perímetro de copa como variables regresoras de la biomasa forrajera para ganado vacuno al perímetro de copa en una función lineal simple, mientras que el diámetro menor de copa es la variable con mejor ajuste que predece forrajimasa para ganado caprino. Las ecuaciones generadas y validadas con la variable altura explican un 75% la variabilidad de los datos, la desviación global estimada presenta valores bajos para ganado vacuno (0,7 %) lo que indicaría una pequeña subestimación y normales (-3,2%) para el ganado caprino lo que indicaría sobrestimación. Comparando estos modelos con los generados con las variables sintéticas predictoras de la forrajimasa, el mejor ajuste para el ganado vacuno es el modelo con el área de proyección de la copa (R^2 aj 0,89) y para el caprino es el promedio de los diámetros de copa (R^2 aj 0,86). Analizando el ajuste de los modelos simples seleccionados, se concluye que para estimar forrajimasa para vacas y cabras las variables más ventajosas, por ser operativas en la medición a campo, son la altura y el diámetro menor de copa respectivamente. Los modelos obtenidos mediante regresiones múltiples mejoran la predicción de la forrajimasa para ganado caprino (R^2 aj 0,88), pero se logra con la incorporación de variables que implican un mayor esfuerzo operativo del trabajo de campo (perímetro de copa y el promedio de las inserciones de las ramas basales). En el caso del modelo para la estimación de la forrajimasa para ganado vacuno a partir de las variables sintéticas (R^2 aj 0,90 y DG 0,04%) se debería analizar la conveniencia, ya que las variables involucradas no son fácilmente medibles (perímetro de copa, diámetro a altura de cuello de la planta, diámetros de la copa y altura).

La oferta forrajera del tala estimada en la época de crecimiento por unidad de superficie según el tipo de ganado es de ~30 kg de MS/ha/año para ganado vacuno y ~60 kg de MS/ha/año, estos resultados indicarían que el aporte que realiza en un sistema ganadero es importante ya que compondría el 31% aproximadamente de la oferta forrajera de un monte con estructura vertical completa (Cotroneo, 2010). Si se trata de un pastizal natural empobrecido aportaría un 40% más de forraje de muy buena calidad, y el aporte en bosques secundarios restaurado es sumamente importantes ya que el contribución de los individuos superiores es de 580 kg MS/ha/año de hojas solamente (Renolfi et al., 2012). Nuestras estimaciones se realizaron cosechando la biomasa producida durante la época húmeda, es decir en la etapa de crecimiento de los individuos en un año donde las precipitaciones sumaron un valor de 262 mm, que represento menos del 60% de la suma de los promedios mensuales, aunque estudios de monitoreo de producción de forrajes indican que las variaciones inter e intra anuales de los arbustos presentan poca variabilidad y poca dependencia de las lluvias (Blanco, 2010).

Los parámetros nutricionales indican que el tala es un especie forrajera con un alto valor nutritivo ya que presenta el doble de contenido proteína bruta que los pastos y es una de las leñosas con mayor digestibilidad (66 a 69%). El contenido de Fibra Detergente Neutro determinado en ramas presenta altos valores (48%) contrastado con las de hojas (12%). En general la forrajimasa de tala presenta buenos valores de contenido de fibras, si comparamos estos, con el porcentaje de fibra contenido en pasturas cultivadas que presenta en tejidos nuevos 65% y hasta un 80% en plantas maduras (Nasca, 2007). La energía metabolizable estimada en la forrajimasa consumible por el ganado vacuno (2,6 MCal/Kg MS) y para ganado caprino (2,89 MCal/Kg MS) es alta comparadas con pastos (1,7 MCal/Kg MS). Resulta similar al de los suplementos dietarios elaborados en base a maíz, pellet de algodón y paja de arroz tratada con urea que producen un incremento de 1,02 kg PV/día (EM 2,75 MCal/Kg MS y 17% de proteína bruta) (Sampedro, Benitez, & Onorato, 2009).

Las regresiones múltiples si bien mejoran la predicción de la forrajimasa para ganado caprino (R^2 aj 0,88), el incremento no justifica la medición de las variables perímetro de copa y el promedio de las inserciones de las ramas basales porque requieren mayor esfuerzo operativo (Gaillard et al., 2002). En el caso del modelo para la estimación de la forrajimasa para ganado vacuno a partir de las variables sintéticas (R^2 aj 0,90 y DG 0,04%) se debería analizar la conveniencia, ya que las variables involucradas no son fácilmente medibles (perímetro de copa, diámetro a altura de cuello de la planta, diámetros de la copa y altura).

La oferta forrajera del tala estimada por unidad de superficie indicaría que el aporte que realiza al sistema es importante ya que compone el 31% aproximadamente de la oferta de un monte con estructura vertical completa (Cotroneo, 2010). Si se trata de un pastizal natural empobrecido aportaría un 40% más de forraje de muy buena calidad y el aporte en bosques secundarios restaurados es sumamente importante ya que aportaría 580 kg MS/ha/año de hojas solamente (Renolfi et al., 2012).

4-Conclusiones

Parcelas de 180 m² describían de manera adecuada la estructura la comunidad arbustiva conformada por 15 especies. La densidad promedio es de 3600 ind/ha y el 70 % de los individuos pertenecen a tres especies: *A gilliensii*, *C ehrenbergiana* y *C atamisquea*. Esta distribución de abundancias específicas se mantiene en sitios con rolados de distinta intensidad aunque cambia el ranking de las especies debido a que *C atamisquea* resulta afectada por el rolado.

Analizando los efectos del rolado transcurridos tres periodos de crecimiento, se encontró que no afectó significativamente la densidad del estrato arbustivo. Si tuvo efecto significativo sobre la altura media del estrato arbustivo comparando con sitios sin disturbios. La intensidad del rolado no produjo un efecto significativo sobre las alturas medias de los arbustos. De las especies presentes en el estrato arbustivo, se identificó a *C ehrenbergiana* como especie con muy buena aptitud forrajera por las características nutritivas, según las referencias bibliográficas, y por ser una de las especie dominante.

La forrajimasa no difiere entre tratamientos, por lo que las ecuaciones simples son adecuadas para estimar forrajimasa consumibles para ganado vacuno y caprino en sitios con cobertura de vegetación natural y bajo tratamiento de rolado para habilitación de sistemas silvopastoriles.

Se identificó como variables regresoras de la biomasa forrajera para ganado vacuno al perímetro de copa en una función lineal simple, mientras que el diámetro menor de copa es la variable con mejor ajuste para predecir la forrajimasa consumible por el ganado caprino.

Las ecuaciones generadas y validadas con la variable altura explican un 75% la variabilidad de los datos, la desviación global estimada presenta valores bajos para ganado vacuno (0,7 %) lo que indicaría una pequeña subestimación, y normales (-3,2%) para el ganado caprino lo que indicaría sobrestimación.

Las variables sintéticas predictoras de la forrajimasa que generan mejores ajustes para el ganado vacuno es el área de proyección de la copa (R^2 aj 0,89) y para el caprino es el promedios de los diámetros de copa (R^2 aj 0,86).

Analizando el ajuste de los modelos simples seleccionados, se concluye que para estimar forrajimasa para vacas y cabras las variables más ventajosas, por ser operativas en la medición a campo, son la altura y el diámetro menor de copa respectivamente.

Las prácticas de habilitación y mantenimiento de SSP deberían contemplar un adecuado balance de especies leñosas arbustivas, particularmente de tala por la posibilidad de complementar el forraje proveniente de las pasturas. El aporte que realiza esta especie depende de la densidad y tamaños de los individuos.

Las ecuaciones generadas son adecuadas para sitios con cobertura de vegetación natural y con tratamiento de rolado para habilitación de sistemas silvopastoriles, sin disturbios de pastoreo y de corta forestal. Nuestras estimaciones podrían ser adecuadas para otros períodos de tiempo en función de la precipitación. Se ha demostrado en monitoreos de Producción primaria aérea neta de leñosas en sistemas semiáridos no aumentaría la producción de forrajimasa en función de una mayor precipitación. En cuanto a los parámetros de calidad nutritiva también presentarían estabilidad de los valores estimados en hojas principalmente. No se conoce como afectaría a la producción de forrajimasa y a la calidad nutritiva diferentes niveles de herbivoría, si se conoce a nivel general que la herbivoría genera una mayor producción de compuestos secundarios como mecanismo de defensa que afecta los parámetros de calidad nutritiva, y para otras especies leñosas se conoce que la historia de uso afecta la PNNA.

Se hace necesario ampliar los objetivos planteados en este trabajo al estudio de la oferta forrajera de la especie estudiada en la época seca y a las otras especies importantes (desde el punto de vista nutritivo y de dominancia en el estrato arbustivo), como así también a mas sitios contemplando aquellos con historia de pastoreo y corta forestal. A nivel de especies es preciso ajustar el comportamiento fenológico en diferentes ambientes.

5-Bibliografía

- Abraham, E. M. (2008). Tierras secas , desertificación y recursos hídricos. *Ecosistemas*, 17(1), 1–4.
- Aizen, M., Garibaldi, L. A., & Dondo, M. (2009). Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología Austral*, 19, 45–54.
- Albanesi, A. (2012). Suelos en Sistemas Silvopastoriles de la Región Chaqueña. In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.), *Actas 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles* (pp. 212–220). Santiago del Estero.
- Alcaraz Ariza, F. J. (2009). El método fitosociológico. *Flora*.
- Anderson, D. L., Bonvissuto, G. L., Brizuela, M. A., Chiossone, G., Cibils, A. F., Cid, S. M., Feldman, I., et al. (2011). Society for Range Management Perspectives on Rangeland Research in Argentina. *Society for Range Management*, 33(1), 2–12. doi:10.2111/RANGELANDS-D-10-00016.1
- Angueira, C., Prieto, D., & Lopez, J. (2007). *Sistema de información geográfica de Santiago del Estero : SIGSE 2.Q2° ed.*. Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Anriquez, A., Albanesi, A., Kunst, C., Ledesma, R., López, C., Rodriguez Torresi, A., & Godoy, J. (2005). Rolado de fachinales y calidad de suelos en el Chaco occidental, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 23(2), 145–157. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000200005&script=sci_abstract&tlng=es
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. (15th ed., p. 1298 pp.). Washington, DC: Association of Analytical Chemists.
- Arambarri, A. M., Novoa, M. C., Bayón, N. D., Hernández, M. P., Colares, M. N., & Monti, C. (2011). Anatomía foliar de arbustos y árboles medicinales de la región chaqueña semiárida de la Argentina. *Domingueziana*, 27(1), 5–24.
- Araujo, P. (2007). Crecimiento de las especies principales de un bosque en regeneración del Chaco Santiagueño. *Quebracho*, 14, 36–46.
- Araujo, P., Iturre, M. C., Acosta, V. H., & Renolfi, R. F. (2008). Estructura del bosque de La María EEA INTA Santiago del Estero. *Quebracho*, 16, 5–19.
- Arroquy, J. (2008). Aportes del monte al bienestar y la productibilidad animal. *IV Jornadas Forestales de Santiago del Estero* (pp. 1–26). Santiago del Estero. Retrieved from <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/4-jornadas-forestales/01.html>
- Bachmann, L., Daniele, C., Mereb, J., & Frassetto, A. (2007). *Identificación exoeditiva de los principales problemas ambientales en el "Gran Chaco" Argentino*. (p. 35).

- Baldi, G., & Jobbágy, E. G. (2012). Land use in the dry subtropics: Vegetation composition and production across contrasting human contexts. *Journal of Arid Environments*, 76, 115–127. doi:10.1016/j.jaridenv.2011.08.016
- Baldi, G., Verón, S. R., & Jobbágy, E. G. (2012). The imprint of humans on landscape patterns and vegetation functioning in the dry subtropics. *Global Change Biology*, n/a–n/a. doi:10.1111/gcb.12060
- Barnes, R. ., & Baylor, J. E. (1995). Forages in a changing world. In R. F. : Barnes, M. D.A., & C. . Nelson (Eds.), *Forages vol I* (Iowa State., pp. 3–13). Ames, Iowa.
- Berg, C., & Dahlberg, S. (2001). A revision of *Celtis* subg. *Mertensia* (Ulmaceae). *Brittonia*, 53(1), 66–81. doi:10.1007/BF02805398
- Berti, N. (1999). Sustentabilidad de los sistemas ganaderos. : *Habilitación de tierras para ganadería. 2º Jornadas Ganaderas del NOA. Salta.* (pp. 29–45). Salta: INTA, Proyecto Macrorregional, Intensificación de la Producción de Carne Bovina del NOA.
- Biani, N. B., Vesprini, J. L., & Prado, D. E. (2005). Conocimiento sobre el gran Chaco Argentino en el siglo xx. In M. F. Arturi, J. L. Frangi, & J. F. Goya (Eds.), *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina* (1º ed.). La Plata.
- Blanco, L. J. (2010). Monitoreo forrajero mediante imágenes satelitales en sistemas ganaderos de regiones semiáridas: avances , perspectivas y limitaciones . *33º Congreso AAPA* (p. 27). Viedma.
- Blanco, L. J., Ferrando, C. A., Biurrun, F. N., Oriente, E. L., Namur, P., Recalde, D. J., & Berone, G. D. (2005). Vegetation Responses to Roller Chopping and Buffelgrass Seeding in Argentina. *Management*, 58(May), 219–224.
- Boeto, M., Barchuk, A., & Leiva, D. (2008). Importancia de la facilitación para la regeneración natural de *Prosopis flexuosa* en ambientes áridos. San Luis.
- Boletta, P. E., Ravelo, A. C., Planchuelo, A. M., & Grilli, M. (2006). Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management*, 228(1-3), 108–114. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706001484>
- Brassiolo, M. M. (2004). Los Bosques del Chaco Semiárido. *IIDIA XXI*, (8), 23–28.
- Brassiolo, M. M., Araujo, P., Diaz Lannes, F., & Bonelli, L. (2007). *Guía de prácticas sustentables para las áreas forestales de la Provincia de Santiago del Estero* (1º ed., p. 105). Santiago del Estero: Ministerio de Producción, Recursos Naturales, Forestación y Tierras. Comisión de Recursos Naturales Y Tierras del Consejo Consultivo.
- Brassiolo, M. M., Lorea, L., Gonzalez, D. P., & Zarate, M. H. (2008). Reacción del estrato arbustivo a diferentes intervenciones y presencia de ganado vacuno, en el Chaco Semiárido. *Quebracho*, 16(4200), 51–61.

- Brassiolo, M. M., Renolfi, R. F., Araujo, P., Fumagalli, A., & Pranzoni, O. (2000). *Manejo Silvopastoril en el Chaco Semiárido Santiagueño. Informe Final Proyecto de Investigación. CICYT UNSE* (pp. 1–77). Santiago del Estero.
- Brassiolo, M. M., Renolfi, R. F., Gräffe, W. H., & Fumagalli, A. (1997). Manejo Silvopastoril en el Chaco Semiarido. *Quebracho, 1*, 15–28.
- Bregaglio, N. M, U. K. y R. C. (1999). Respuesta de Especies Arbustivas Forrajeras a Tratamientos de Desmonte Selectivo en el Chaco Árido, Argentina. *Sitio Argentino de Producción Animal ISSN 0327-9375*, 101–109.
- Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M., & Corcuera, J. (2006). *La Situación Ambiental Argentina 2005*. (Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Ed.) *La Situación Ambiental Argentina 2005* (1° ed., p. 587). Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas*. Buenos Aires, Argentina: ACME.
- Carranza, C. A., & Ledesma, M. (2005). Sistemas silvopastoriles. *IDIA XXI, 8*, 230–236.
- Carranza, C. A., & Ledesma, M. (2009). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. In FAO (Ed.), *XIII Congreso Forestal Mundial* (p. 9). Buenos Aires.
- Carranza, C. A., Pietrarelli, L., Ledesma, M., & Balzarini, M. (2000). Crecimiento de *Prosopis Flexuosa* D.C. en el Chaco Árido Argentino, luego de la eliminación del estrato arbustivo. *Multequina, 9*, 119–133.
- Cattania, S. L., Rodríguez, A. del V., & Rivas, A. I. (2011). Distribución de la tierra y pobreza rural: análisis comparado entre el área campesina santiagueño-tucumana y el gran chaco aborigen (argentina) 1. *XIII Encuentro de Geógrafos de America Latina* (pp. 1–18). San José, C.R. Retrieved from <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal13/Geografiasocioeconomica/Geografiaagraria/15.pdf>
- Chidumayo, E., & Gumbo, D. (Eds.). (2010). *The Dry Forests and Woodlands of Africa* (Firts publ., p. 304). Washington, DC: Earthscan.
- Cornacchione, M., & Reineri, S. (2008). ¿ Cuánto produce el Gattón Panic? Sitio de la Producción Animal. Retrieved from www.produccion-animal.com.ar
- Coronel, M. S. (2007). *Determinación de disponibilidad y calidad de leñosas en el semiarido*. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Costanza, V., & Neuman, C. (1993). Manejo productivo sustentable en campos con monte de la región chaqueña. *Gaceta Agronómica, 12*(72), 166–194.
- Costanza, V., & Neuman, C. (1997). Managing cattle grazing under degraded forests: An optimal control approach. *Ecological Economics, 21*, 123–139.
- Cotroneo, S. M. (2010). *Determinación de disponibilidad y calidad de leñosas*. Universidad de Buenos Aires.

- Dayenoff, P., Gallego, J. A., & Aguirre, E. (2003). Dinámica de la vegetación del chaco-árido bajo pastoreo caprino con carga animal conocida. *Archivos de Zootecnia*, 293–304.
- Detmann, E., De Campos Valadares, S., & Fonseca Paulino, M. (2001). Prediction of the energy value of cattle diets based on the chemical composition of feeds. *Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE*, 45–60.
- Díaz, R. O. (2003). Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco Árido (Argentina). *Agrisciencia*, XX, 61 – 68.
- Díaz, R. O. (2007). *Utilización de Pastizales Naturales* (1° Edición., p. 456). Cordoba: Editorial Brujas.
- Dixon, J. A., James, D. E., & Sherman, P. B. (1989). *The Economics of Dryland Management* (1° ed., p. 317).
- Esparza García, C., & Marín Ariza, R. A. (2011). Aspectos a Considerar en la Evaluación de Forrajes. Retrieved from http://www.megatesis.com/index.php?option=com_content&view=article&id=145:aspectos-a-considerar-en-la-evaluacion-de-forrajes&catid=29:naturales&Itemid=65&showall=1
- Etienne, M. (2003). SYLVOPAST: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 6(2), 1–23. Retrieved from <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/5.html>>
- Evaluacion de los Ecosistemas del Milenio. (2005). *Ecosistemas y Bienestar Humano. Síntesis sobre desertificación*. Director (p. 36). Washington, DC.
- F.A.O. (2008). *Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en latinoamérica y el caribe: lecciones a partir de casos exitosos* (p. 101). Santiago.
- Farrell, J. G., & Altieri, M. A. (1999). Sistemas agroforestales. In M. A. Altieri (Ed.), *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (4° ed., pp. 229–243). Montevideo. doi: 310.232/99 – Setiembre de 1999
- Fernández, R. J., & Maseda, P. H. (2006). Ecofisiología de Arbustivas: Reconocimiento de Síndromes para un Mejor Diagnóstico de la Situación de Arbustización. In INTA (Ed.), *Jornadas de Actualización Técnica “Control y Manejo del Renoval”* (pp. 47–55). Santiago del Estero.
- Ferret, A. (2003). *Control de calidad de Forrajes. Chemical Analysis* (pp. 137–150). Madrid.
- Foroughbakhch, R., Hernández-Piñero, J., Alvarado-Vázquez, M. A., Céspedes-Cabriales, E., Rocha-Estrada, A., & Cárdenas-Avila, M. L. (2009). Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems*, 77(3), 181–192. doi:10.1007/s10457-008-9194-6
- Fumagalli, A., & Kunst, C. (2002). Producción de carne vacuna en el NOA. Cómo mejorar la Oferta Forrajera de los Sistemas de Cría. *IDIA XXI*, 2, 73–78.

- Gaillard, C., Pece, M., Juárez, M., Vélez, S., Gómez, A., & Zárate, M. (2002). Determinación de funciones para la estimación de biomasa aérea individual en jarilla (*Larrea divaricata*) de la Provincia de Santiago del Estero. *Foresta Veracruzana*, 4, 23–28.
- García, M. de los A. (2010). *Fijación de Carbono en la Biomasa Arbórea, la Necromasa y el Suelo de Plantaciones de Eucalyptus grandis con Diferentes Manejos en Vertisoles de la Provincia de Entre Ríos*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Giménez, A. M., & Hernández, P. (2008). *Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino. Vegetación del Chaco Semiárido, Provincia de Santiago del Estero. Fascículo 1* (p. 110). Santiago del Estero: Editorial Lucrecia.
- Golluscio, R. (2009). Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología Austral*, 19, 215–232.
- Gómez, A., Kunst, C., & Navall, M. (2009). Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido II: Efecto del rolado sobre la regeneración natural de dos especies arbóreas nativas. In INTA (Ed.), *1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales 28*. (pp. 1–6).
- Grau, H. R., & Aide, M. (2008). Globalization and Land-Use Transitions in Latin America. *Ecology And Society*, 13(2).
- Grau, H. R., Gasparri, N. I., & Gasparri, M. (2011). Cambio y eficiencia de uso del territorio en el Chaco Argentino: el conflicto entre producción de alimentos y conservación de la naturaleza a distintas escalas. In P. Laterra, E. Jobbagy, & J. Paruelo (Eds.), *El Valor Ecológico, Social y Económico de los Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Estudio de Casos* (pp. 597–604). Buenos Aires.
- Grulke, M., Brassiolo, M. M., Díaz Lannes, F., Ortiz, G., Soto, G., & Michela, J. (2007). *Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos provincia de Chaco* (1° ed., p. 216). Resistencia. Chaco: Ministerio de la producción de la Provincia de Chaco. Programa de servicios Agrícolas Provinciales.
- Guevara, J., Grünwaldt, E., Estevez, O., Bisigato, A., Blanco, L. J., Biurrun, F. N., Ferrando, C. A., et al. (2009). Range and livestock production in the Monte Desert, Argentina. *Journal of Arid Environments*, 73(2), 228–237. doi:10.1016/j.jaridenv.2008.02.001
- Hamandawana, H., Nkambwe, M., Chanda, R., & Eckardt, F. (2005). Population driven changes in land use in Zimbabwe's Gutu district of Masvingo province: Some lessons from recent history. *Applied Geography*, 25(3), 248–270. doi:10.1016/j.apgeog.2005.03.005
- Harlan, D. W., Holter, J. B., & Hayes, H. H. (1991, April 1). Detergent Fiber Traits to Predict Productive Energy of Forages Fed Free Choice to Nonlactating Dairy Cattle1. *Journal of dairy science*. American Dairy Science Association. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030291782891?showall=true>
- Hierro, J. L., Branch, L., Villarreal, D., & Clark, K. (2000). Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *J. Range management*, 53(November), 617–621.

- InfoStat. (2008). *InfoStat, version 2008. Manual del Usuario*. (Universidad Nacional de Córdoba, Ed.) (Primera Ed., p. 336). Argentina: Editorial Brujas.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). *Informe Anual 2008: La Contribución del IICA al Desarrollo de la Agricultura y las Comunidades Rurales en la Argentina. Agenda* (p. 52). Buenos Aires.
- INTA. (2012). Sistema ProDaAgro. *Agrometeorología Santiago del Estero*. Santiago del Estero: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA SANTIAGO DEL ESTERO. Retrieved from <http://agrometsgo.inta.gov.ar/meteo/>
- King, K. F. S. (1979). Agroforestry and the utilisation of fragile ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 2, 161–168.
- Kunst, C. (1982). *Descripción, ecología, valor nutritivo, calidad y valor forrajero de algunas gramíneas del campo natural de la Provincia de Santiago del Estero. Recopilación bibliográfica* (INTA EER F., p. 92). Famailla.
- Kunst, C., & Ledesma, R. (2006). Alternativas de habilitación de tierras y control del renoual. In AACREA (Ed.), *Congreso Ganadero del Norte Argentino* (pp. 1–2). Termas de Rio Hondo, Santiago del Estero.
- Kunst, C., Ledesma, R., Basan Nickish, M., Angella, G., Prieto, D., & Godoy, J. (2003). Rolado de “Fachinales” e Infiltración de agua en suelo en el Chaco Occidental (Argentina). *RIA*, 32(003), 105–125.
- Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Albanesi, A., & Godoy, J. (2012). Rolado y diversidad II: efecto en el sitio ecológico “alto”. In J. Arroquy (Ed.), *II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Area 3: Aspectos socioeconomicos y ambientales de los SSP. Actas*. (pp. 388–393). Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Godoy, J., & Navarrete, V. (2009). Sistemas silvopastoriles en el Chaco Semiárido III: efecto del rolado sobre la estructura de especies arbustivas nativas. In INTA (Ed.), *1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales* (pp. 1–7). Posada, Misiones.
- Kunst, C., Ledesma, R., & Navall, M. (2008). *Rolado Selectivo de Baja Intensidad*. (INTA, Ed.) (p. 138). Santiago del Estero.
- Laclau, P. (2012). Consideraciones económicas y ambientales para la toma de decisiones en sistemas silvopastoriles. In J. Arroquy (Ed.), *II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Area 3: Aspectos socioeconomicos y ambientales de los SSP. Actas*. (pp. 359–370). Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Lal, R. (2004). Carbon Sequestration in Dryland Ecosystems. *Environmental Management*, 33(4), 528–544. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-003-9110-9>
- Lamadrid, L. S. (2010). Ganadería Caprina en Santiago del Estero : Características e índices productivos promedios. *LEY 26.141 DE RECUPERACION, FOMENTO Y DESARROLLO DE LA GANADERIA CAPRINA* (p. 15). Santiago del Estero.

- Ledesma, M., Carranza, C. A., & Balzarini, M. (2010). Estimación de la biomasa foliar de *Prosopis flexuosa* mediante relaciones alométricas. *Agrisciencia*, xxvii(2), 87–96.
- Ledesma, R., & Tomsic, P. (2011). *Que se sabe sobre el manejo integral de leñosas*. (R. Ledesma & P. Tomsic, Eds.) 2° *Jornada de Actualización Técnica sobre Manejo y Control del Renoval 2011* (pp. 9–15). Santiago del Estero: INTA.
- Ley 26331. Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2008). Congreso Nacional.
- Ley 6841 Conservación y Uso Múltiple de las Áreas Forestales de Santiago del Estero. (2007). Retrieved from <http://www.mproduccion.gov.ar/Docs/legislacion/ley-6841.pdf>
- Longhi, F. (2011). Distribución espacial de la miseria en hogares de Santiago del Estero y procesos territoriales. *Papeles de población*, 67(17), 177–207.
- Lorea, L., & Kunst, C. (2011). Historical aspects about fire, herbivory and vegetation types of the Argentine Chaco. *IX International Rangeland Congress*. Rosario. Santa Fe. Argentina.
- Lorenz, G. (1995). Caracterización ecológica de un suelo eutric regosol bajo bosque en el Chaco Semiárido, Argentina. *Quebracho*, 3, 13 – 23.
- Machado Carcasés, E. G., Pereira, A., & Ríos, N. A. (2003). Tabla de volumen para *Buchenavia capitata*, Vahl. *Quebracho*, 10, 76–82.
- Magurran, A. E. (2009). *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons. Retrieved from <http://books.google.com.ar/books?id=7oE-WvzfoMcC>
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 226–231.
- Marchesini, V. A., Sobrino, J. A., Hidalgo, M. V., & Di Bella, C. M. (2009). La eliminación selectiva de vegetación arbustiva en un bosque seco de Argentina y su efecto sobre la dinámica de agua. *Revista de Teledetección*, 31, 93–102.
- Maresca, S., Echeverri, D., Quiroz, J., & Recavarren, P. (2012). El sorgo lleva la delantera. IPCVA N° 14.
- Mariot, V., Reuter, A. F., Palavecino, A., & Zubrinic, F. (2010). *Determinación Multitemporal del Uso del Suelo en la Provincia de Santiago del Estero hasta Diciembre de 2009* (p. 41). Santiago del Estero.
- Martin, G. O. (h). (2007). Método para determinar la producción de “forrajimasa foliar ramoneable”, en arbustos xerófilos de pastizales naturales. *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA, Vol. II, Sección IV.*, 23–27.
- Martín, G. O. (h), Chagra, P., Nicosia, M., Lagomarsino, E., & Aguilar, M. (1997). Composición química de leñosas nativas del monte xerofítico del dpto. Río Hondo, Santiago del Estero.

Jornadas de Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Naturales de la Región Chaqueña, de la Red Agroforestal Chaco., 1–9.

- Martin, G. O. (h), Mainardi, V., Carlino, G., & Nicosia, M. (2001). Forrajimasa ramoneable en arbustos de valor forrajero del Chaco Semiárido de Tucuman. San Miguel de Tucumán.
- Martín, G. O. (h), Toll Vera, J. R., Karlen, A., & Daives, J. (2006). *Estructura de Vegetacion de los Estratos Leñosos, en un Pastizal Chaqueño Semiárido del Norte de Tucuman. Investigaciones Docentes en Ingeniería.* (Vol. I, pp. 271–273). Catamarca, Argentina.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodologia para el estudio de la vegetación* (1° ed., p. 163). Washington, DC: OEA.
- MEA. (2003). *Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the condittion and trends working.* (R. Hassan, R. Scholes, & N. J. Ash, Eds.). USSA: The Millennium Ecosystem assessment series 1.
- Melo Cruz, O. A., & Vargas Ríos, R. (2002). *Evaluacion ecologica y silvicultural de ecosistemas boscosos* (p. 235). Ibagué.
- Minson, D. J. (1982). Effect of Chemical Composition on Feed Digestibility and Metabolizable Energy. *Nutrition Abstracts and Reviews, Seria B 52*(10), 592–615.
- Miñón, D. P., Fumagalli, A., & Auslender, A. (1991). Hábitos alimentarios de vacunos y caprinos en bosque de la región chaqueña semiárida. *Revista Argentina de Producción Animal*, 11, 275–283.
- Miñón, D. P., Fumagalli, A., & Frasinelli, C. (2009). Presente y futuro de la ganadería bovina en las zonas áridas y semiáridas. In AAPA (Ed.), *32° Congreso AAPA* (p. 52). Malargüe, Mendoza.
- Mitchell, K. (2007). Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. *Methods*.
- Molina, A. M. (2006). *Flora chaqueña, Argentina. Formosa, Chaco y Santiago del Estero : familia Gramíneas.* (Ana Maria Molina & Z. E. Rúgolo de Agrasar, Eds.) (1 ed., pp. i–viii+1–848). Buenos Aires.
- Molinero, H. B. (1983). Técnicas de determinación de biomasa en cinco especies de arbustos. *Taller sobre Arbustos Forrajeros de Zonas Aridas y Semi{á}ridas. 1983 09 07-09, 07 al 09 de septiembre de 1983. Mendoza. AR.*
- Morello, J., & Adámoli, J. (1974). *Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Parte II. Provincia del Chaco* (p. 130). Ediciones INTA.
- Morello, J., Pengue, W. A., & Rodriguez, A. (2007). Un siglo de cambios de diseño del paisaje: El chaco argentino. In S. D. Matteucci (Ed.), *Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos* (pp. 19–51). Buenos Aires: Ediciones INTA.

- Morello, J., & Rodríguez, A. F. (2009). *El Chaco sin bosques: La Pampa o el desierto del futuro*. (J. H. Morello & A. F. Rodríguez, Eds.) (1° ed., p. 432). Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Morello, J., & Saraia Toledo, C. (1959). El bosque chaqueño I. Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural en el oriente de Salta. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 3(1), 5–81.
- Morrone, J. J. (2001). *Biogeografía de América Latina Y el Caribe*. (M.-M. & T. V. 3 SEA, Ed.) Director (p. 148). Zaragoza.
- Mortimore, M. (2009). *Dryland Opportunities* (1° ed., p. x + 86). London: IUCN (International Union for Conservation of Nature).
- Moscuzza, C. H., Pérez Carrera, A., Garaicoechea, J., & Fernandez-Cirelli, A. (2003). Relación entre las actividades agropecuarias y la escases de agua en la Provincia de Santiago del Estero (Argentina). In A. Fernandez Cirelli & H. Abraham (Eds.), *El Agua en Iberoamérica. Aspectos de la problemática de las tierras secas*. (1 ed., pp. 37–54). Buenos Aires.
- Mostacedo, B., & Redericksen, T. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal* (p. 92). Santa Cruz de la Sierra. Bolivia: Manual dProyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).
- Nai Bregaglio, M., Karlin, U., & Coirini, R. (2001). Efecto del desmonte selectivo sobre la regeneración de la masa forestal y la producción de pasturas, en el Chaco Árido de la provincia de Córdoba, Argentina. *Multequina*, 10, 17–24.
- Nair, P. K. . (1991). State-of-the-art of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 45, 5–29.
- Nasca, J. A. (2007). *Producción sostenible de carne bovina con pasturas tropicales en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán*. Universidad Nacional de Tucuman. Retrieved from <http://inta.gov.ar/documentos/produccion-sostenible-de-carne-bovina-con-pasturas-tropicales-de-la-llanura-deprimida-salina-de-tucuman/>
- Navall, M. (2008). Ganadería en bosques y leyes ambientales: conciliación obligatoria. Santiago del Estero. Retrieved from https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDQQFjAA&url=http%3A%2F%2Finta.gov.ar%2Fdocumentos%2Fganaderia-en-bosques-y-leyes-ambientales-conciliacion-obligatoria%2Fat_multi_download%2Ffile%2FINTA-Ganader%25C3%25ADa%2520y%2520Leyes%2520Forestales%2520Conciliaci%25C3%25B3n%2520obligatoria.pdf&ei=aq4jUZDpFYTm8gTor4GgCg&usg=AFQjCNGbCRA3FCJtlbwZl4DtVEnjEOAanA&sig2=i-d9X_mOb2xG-O-THzLRMA&bvm=bv.42553238,d.eWU
- Navall, M. (2012). Efectos del rolado y la corta sobre el crecimiento de un quebrachal semiárido santiagueño. In J. Arroquy (Ed.), *II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Area 3: ASpectos socioeconomicos y ambientales de los SSP. Actas*. (pp. 1–6). Santiago del Estero: Ediciones INTA.

- NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition, 2001* (p. 401). The National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9825
- Ortín, A. E. (2007). Recursos Forrajeros Naturales e Implantados. In A. Rural (Ed.), . Salta.
- Palmieri, V., Alarcón, E., & Rodríguez, D. (2009). *Situación y desempeño de la agricultura en ALC desde la perspectiva tecnológica: informe 2008* (pp. 1–48). San José.
- Paolasso, P., Krapovickas, J., & Gasparri, N. I. (2012). Deforestación, expansión agropecuaria y dinámica demográfica en el Chaco Seco Argentino durante la década de los noventa. *Latin American Research Review*, 41(1), 35–63.
- Paruelo, J. M., & Guerschman, J. P. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia Hoy*, 15 N° 87, 14–23.
- Paruelo, J. M., Guerschman, J. P., Piñeiro, G., Jobbágy, E. G., Verón, S. R., Baldi, G., & Baeza, S. (2006). Cambio en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marco conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, X(2), 47–62.
- Paz, R., & Jara, C. (2011). El campesino en Santiago del Estero (Argentina): la pobreza de un sector que se resiste a desaparecer (1988-2002), 1–27. doi:10.4422/ager.2011.05
- Pece, M., Benítez, C., Juárez, M., Vélez, S., Gómez, A., & Zárate, M. (2003). Determinación de funciones para la estimación de biomasa aérea individual en piquillín (*Condalia microphylla* Cav , Ramnácea) y tala (*Celtis pallida* Torr . var *pallida* , Ulmácea) de la provincia de Santiago del Estero. *VIII REUNION CIENTIFICA. GRUPO ARGENTINP DE BIOMETRÍA Y SEGUNDA JORNADA DE EXTENSIÓN: ESTADISTICA AMBIENTAL* (p. 5). Mendoza.
- Pensiero, J. F., Muñoz, J., & Martínez, V. (2005). *Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Alternativas de sustentabilidad del Área Etnobotánica. Area* (pp. 1–45).
- Peréz-Carrera, A., Moscuza, C. H., & Fernández-Cirelli, A. (2008). Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria . Estudio de caso : Santiago del Estero , Argentina. *Ecosistemas*, 17(1), 5–15.
- Perrotta, V. G., & Arambarri, A. M. (2010). *Celtis ehrenbergiana* (Celtidaceae): meristematic tissue in the thorns. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9(3), 228–231.
- Petit, A. J. (2008). Una Revisión sobre el Concepto de Agroforestería. *Revista Forestal Latinoamericana*.
- Pitt, M. D. (1988). *Quantitative Determinations of Shrub Biomass and Production : A Problem Analysis. Management* (p. 75). doi:ISBN 0-771 8-861 3
- Poore, M. E. D. (1955). The Use of Phytosociological Methods in Ecological Investigations: I. The Braun-Blanquet System. *The Journal of Ecology*, 43(1), 226–244.

- Quiroga, R. ., Meneses, L., & Bussmann, R. (2012). Medicinal ethnobotany in Huacareta. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 8(29), 14.
- Radrizani Bonadeo, A., & Renolfi, R. F. (2006). La importancia de los árboles. *Sitio Argentino de Producción Animal ISSN 0327-9375*, 41–44.
- Ragonese, A. ., & Castiglioni, J. . (1968). *La Vegetación de la Republica Argentina: la vegetación del paque chaqueño*. (INTA & I. de B. Agrícola, Eds.) (1° ed., pp. 133–160). Buenos Aires.
- Raintree, J. B. (1990). Theory and practice of agroforestry diagnosis and design. In K. G. MacDicken & N. T. Vergara (Eds.), *Agroforestry: Classification and Management* (pp. 58–97). John Wiley & Sons, New York.
- Ramírez Orduña, R., Ramírez Lozano, R. G., & López Gutierrez, F. (2002). Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL*, V(2).
- Ramírez, R. (1998). Nutrient digestion and nitrogen utilization by goats fed native shrubs *Celtis pallida*, *Leucophullum texanum* and *Porlieria angustifolia*. *Small Ruminant Research*, 28(1), 47–51. doi:10.1016/S0921-4488(97)00067-9
- Ramsperger, B. (1992). *Alteraciones de la condición del suelo debido a un cambio en el uso agrícola. Caso particular: Regosoles en el Chaco seco, Argentina*. Universidad de Hohenheim.
- Rearte, D. (2007). *Distribucion territorial de la ganaderia vacuna* (pp. 1–12).
- Renolfi, R. F. (1990). *Manejo de Forrajeras Nativas en la Región Chaqueña Semiarida*. (F.A.O., Ed.) (1° ed., p. 40). Santiago de Chile (Chile).
- Renolfi, R. F. (2007). Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles. In M. Ottavís (Ed.), *1er. Seminario de Pasturas del NOA* (pp. 44–48). Salta: Amanecer Capacitando.
- Renolfi, R. F. (2008). Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles con Caprinos en Bosque Nativos Chaqueños Semiaridos. *Taller de Discusión sobre Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles para la Produccion de Carne en la Región Chaqueña Semiarida* (pp. 3–8). La Maria, Santiago del Estero: Proyecto Regional Llanura Chaqueña Oeste-Este. EEA Santiago del Estero.
- Renolfi, R. F., Coronel, M. S., & Gómez, A. (2012). Restauración de un Bosque Chaqueño Semiárido para Producción de Carne. *XXV Reunión Argentina de Ecología. Simposios y Talleres* (p. 560). Lujan.
- Rossi, C. A., González, G. L., Lacarra, H., Pereyra, A. M., & Chagra Dib, P. (2001). Evaluación de la proteína bruta en hojas de seis especies de ramoneo del Chaco Árido. *24° Congreso Argentino de Producción Animal (AAPA)* (pp. 6–7).
- Rossi, C. A., Gonzalez, G., Lacarra, H., Pereyra, A. M., & Vera, T. (2009). Factores antinutricionales en forrajeras de ramoneo: cuantificación de taninos. *30° Congreso Argentino de Produccion Animal*, 1.

- Rossi, C., De Leon, M., Pereyra, A. M., Brunetti, M., Chagra Dib, P., & Gonzalez, G. L. (2002). Degradabilidad in situ de la proteína bruta del follaje en leñosas forrajeras de ramoneo.
- Rossi, C., León, M., González, G., Chagra Dib, P., & Pereyra, A. M. (2008). Composición química , contenido de polifenoles totales y valor nutritivo en especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido argentino. *Zootecnia Tropical*, 26(2), 105–115.
- Rueda, M. P., & Gómez, A. (2012). Diversidad de especies arbustivas de sistemas silvopastoriles en el Chaco Semiárido. In J. Arroquy (Ed.), *II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Area 3: ASpectos socioeconomicos y ambientales de los SSP. Actas.* (p. 342). Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Sampedro, D., Benitez, P., & Onorato, A. (2009, November). Sáquele el jugo al descarte. *Ganaderia y Compromiso*, 8–9.
- Sarmiento, G. (1963). *Las comunidades vegetales del Chaco semiárido santiagueño*. Universidad de Buenos Aires.
- Schindler, J. R., Fulbright, T. E., & Forbes, T. D. . (2004). Long-term effects of roller chopping on antiherbivore defenses in three shrub species. *Journal of Arid Environments*, 56(1), 181–192. doi:10.1016/S0140-1963(03)00020-X
- Silvetti, F. (2012). Trayectoria histórica de la territorialidad ganadera campesina en el oeste de la provincia de Córdoba, Argentina. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 9(3), 333–367.
- Slanac, A., Balbuena, O., Stahringer, R., Navamuel, J., Kucseva, C., & Koza, G. (2003). *Suplementación invernal con expeller de algodón a vaquillas en pastoreo con forraje de baja calidad . Efectos sobre parámetros productivos .* (p. 3). Retrieved from <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/4-Veterinaria/V-026.pdf>
- Steubing, L., Godoy, R., Miren, L., & Alberdi, R. (2002). *Métodos de ecología vegetal* (p. 345). Santiago de Chile (Chile): Editorial Universitaria.
- Subcomite asesor del arido subtropical. (1983). *Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas* (p. 108). Mendoza.
- Swift, R. W., & Sullivan, E. F. (1984). Composición y valor nutritivo de los forrajes. In H. Hughes, M. Hearth, & D. Melcafe (Eds.), *Forrajes* (1° Edicion.).
- Tálamo, A., Barchuk, A. H., Mohr, F., Cardozo Florez, S., Yañez, C., & Tordoya, J. (2008). ¿Facilitan los arbustos la regeneración y el crecimiento del quebracho colorado en sitios con y sin ganado domestico en un sector del PN Copo? San Luis.
- Thorne, M. S., Skinner, Q. D., Smith, M. A., Rodgers, D. J., Laycock, W. A., & Cereckci, S. A. (2002). Evaluation of a technique for measuring canopy volume of shrubs. *Journal Of Range Management*, 55(May), 235–241.
- Torrella, S. A., & Adámoli, J. (2006). Situación Ambiental de la Ecoregion del Chaco Seco. In A Brown, U. Martinez Ortiz, & J. Corcuera (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina 2005* (pp. 73–100).

- Torres, F. (1983). Role of woody perennials in animal agroforestry. *Agroforestry Systems*, 1, 131–163.
- Verón, S. R., Jobbágy, E. G., Bella, C. M. Di, Paruelo, J. M., & Jackson, R. B. (2012). Diverting biomass from wildfires to bioenergy : A developing-world opportunity. *GCB Bioenergy*. doi:doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01181.x
- Viglizzo, E., & Jobbágy, E. G. (2011). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. (E. F. Viglizzo & E. G. Jobbágy, Eds.) (1° ed., p. 106). Buenos Aires: INTA.
- Weiss, W. P., Conrad, H. R., & St. Pierre, N. R. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, 39(1–2), 95–110. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377840192900344>
- Wilkins, R. J. (2000). Forages and Their Role in Animal Systems. In D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford, & H. M. Omed (Eds.), *FORAGE EVALUATION IN RUMINANT NUTRITION* (1° Edición., p. 492). N.
- Zarrilli, A. (2000). Transformación ecológica y precariedad económica en una economía marginal . El Gran Chaco argentino, 1890-1950. *Theomai*, 1, 14.
- Zika, M., & Erb, K.-H. (2009). The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands. *Ecological Economics*, 69(2), 310–318. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.06.014

6-Anexos

Tabla A. 1 : Correlaciones de las variables medidas a campo. Por debajo de la diagonal principal se encuentra el coeficiente de correlación entre las variables de la lista; por encima de la diagonal principal, se encuentra la probabilidad asociada a la prueba de hipótesis de correlación nula entre las variables de la lista. H: altura (m); DMAY=diámetro mayor (m); DMEN=diámetro perpendicular al mayor (m); PERICOPA= perímetro de copa (m); DAC=diámetro altura de cuello (cm); L RAMA PP= longitud de la rama principal (m); PSFCC_v: peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c: peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); LN_PSFCC_v: logaritmo neperiano del peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); LN_PSFCC_c: logaritmo neperiano del peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g).

	H	DMAY	DMEN	PERICOPA	DAC	Prom DACR	L RAMA PP	PSFCC_v	PSFCC_c	LN_PSFCC_v	LN_PSFCC_c
H	1	0	1,30E-11	0	6,40E-08	2,00E-06	0	3,50E-10	2,90E-09	2,10E-10	8,00E-10
DMAY	0,89	1	0	0	3,10E-10	3,20E-08	0	0	0	4,50E-12	8,90E-12
DMEN	0,86	0,95	1	0	2,00E-09	1,30E-10	3,10E-11	6,00E-11	0	1,90E-10	7,90E-11
PERICOPA	0,88	0,98	0,97	1	1,60E-09	1,90E-09	5,50E-12	0	0	2,50E-12	1,50E-12
DAC	0,76	0,83	0,81	0,81	1	4,50E-10	1,70E-08	2,90E-08	1,00E-07	5,60E-08	1,30E-07
Prom DACR	0,7	0,77	0,84	0,81	0,83	1	2,40E-05	7,80E-07	8,50E-11	1,40E-07	1,10E-08
L RAMA PP	0,97	0,89	0,86	0,87	0,78	0,64	1	2,60E-08	3,20E-07	2,80E-09	1,50E-08
PSFCC_v	0,83	0,89	0,85	0,89	0,77	0,72	0,78	1	1,10E-12	8,50E-10	6,40E-08
PSFCC_c	0,81	0,89	0,89	0,92	0,76	0,85	0,74	0,88	1	2,00E-11	0
LN_PSFCC_v	0,84	0,87	0,84	0,88	0,76	0,75	0,81	0,82	0,86	1	0
LN_PSFCC_c	0,82	0,87	0,85	0,88	0,75	0,79	0,78	0,76	0,91	0,88	1

Tabla A.4. 1:

Tabla A. 2 Correlaciones de las variables sintéticas. Por debajo de la diagonal principal se encuentra el coeficiente de correlación entre las variables de la lista. DIF_DDC: diferencia de los diámetros de copa (m); DCPROM= promedio de los diámetros de copa (m); PERI_BASE=perímetro del cuello del individuo (cm); AdC Elipse= área de la proyección de copa (m²); AxP= área de proyección de copa (m²); VOL_ELIP = volumen de Copa 1 (m³); VOL_CASQ= volumen de Copa 2 (m³); VOL_COPA_G = volumen de Copa 3 (m³); RxDMAY = sección mayor de copa (m²); RxDMEN = sección menor de copa (m²); V_1dvNRB= volumen aparente 1 de ramas individuales (m³); V_2dvNRB= volumen aparente 2 de ramas individuales (m³); V_3dvNRB= volumen aparente 3 de ramas individuales (m³); SDDC= suma de los diámetros de copa (m); PSFCC_v: peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); PSFCC_c: peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g); LN_PSFCC_v: logaritmo neperiano del peso seco de la forrajimasa consumible para ganado vacuno (g); LN_PSFCC_c: logaritmo neperiano del peso seco de la forrajimasa consumible para ganado caprino (g). Todas las correlaciones resultaron significativas (p < 0,05).

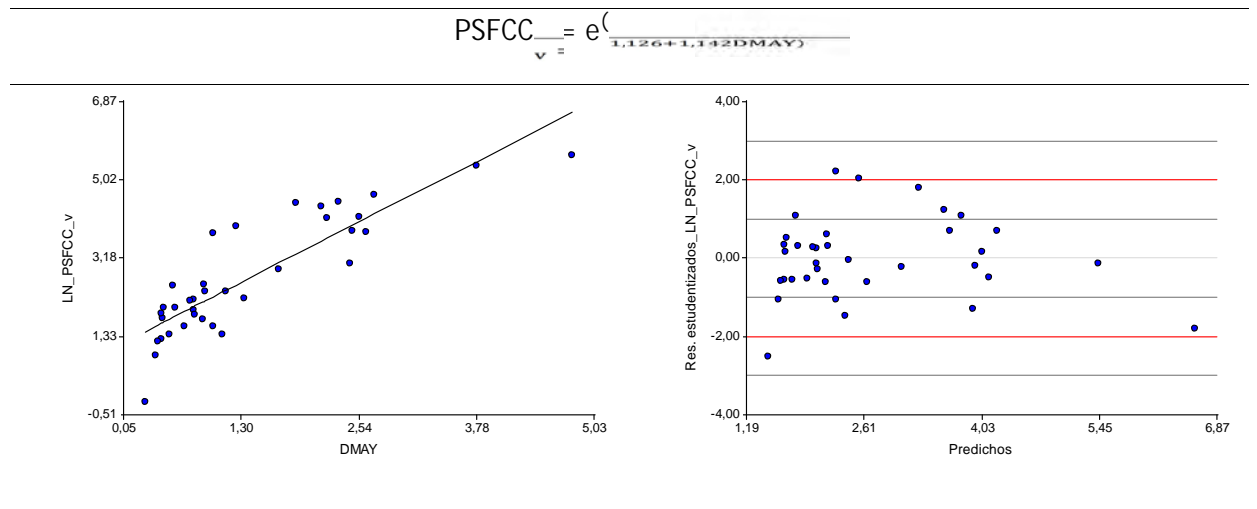
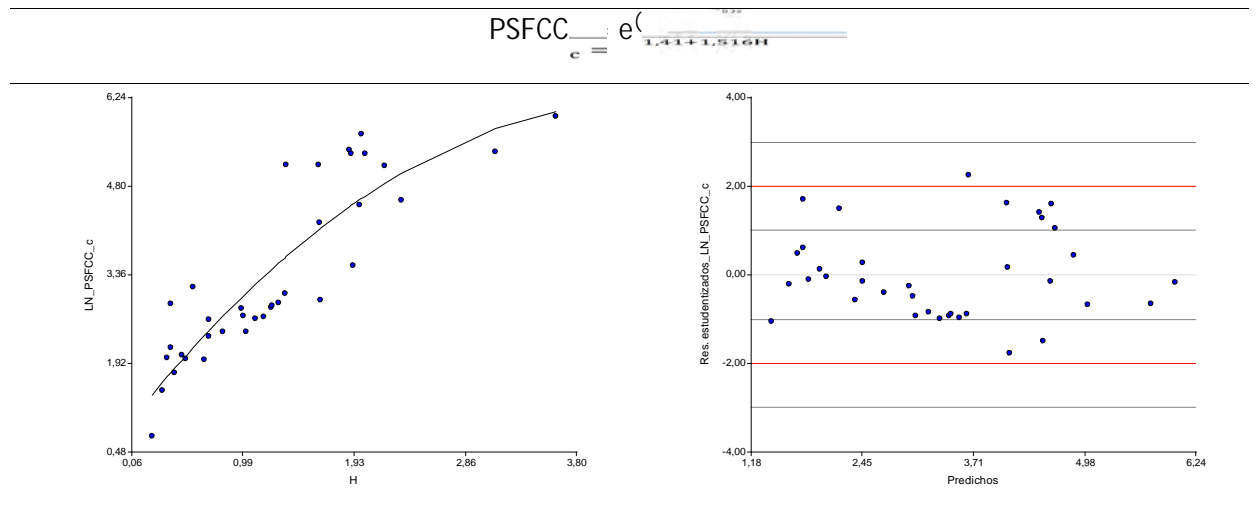
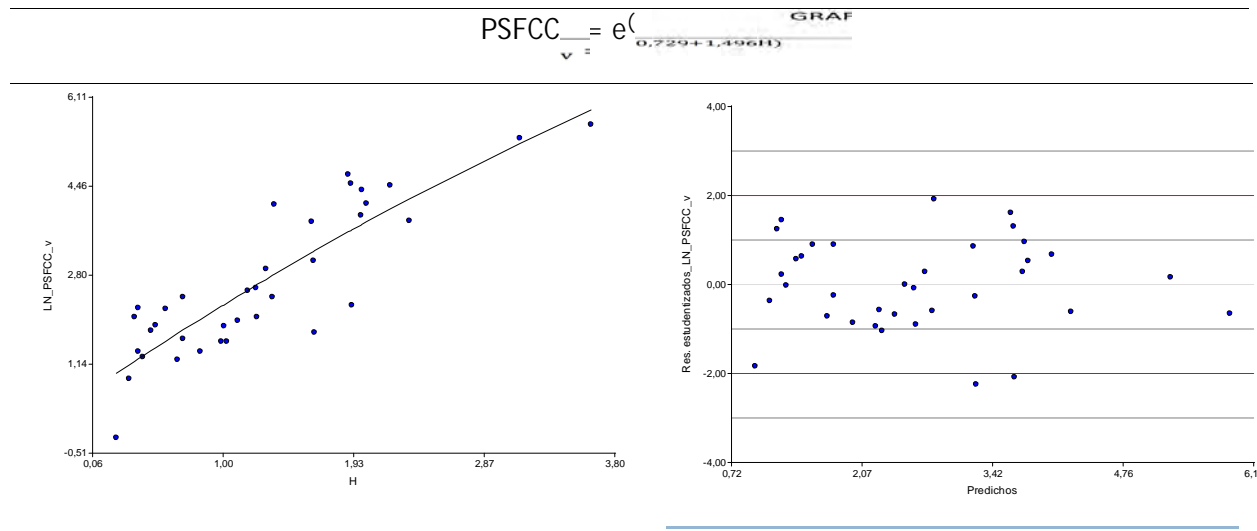
	DIF_DDC	DCPROM	PERI_BASE	AdC Elipse	AxP	VOL_ELIP	VOL_CASQ	VOL_COPA_G	RxDMAY	RxDMEN	V_1dvNRB	V_2dvNRB	V_3dvNRB	SDDC	PSFCC_v	PSFCC_c	LN_PSFCC_v	LN_PSFCC_c
DIF_DDC	1																	
DCPROM	0,6	1																
PERI_BASE	0,55	0,83	1															
AdC Elipse	0,53	0,95	0,76	1														
AxP	0,56	0,95	0,74	0,99	1													
VOL_ELIP	0,5	0,85	0,65	0,97	0,96	1												
VOL_CASQ	0,52	0,86	0,67	0,97	0,96	1	1											
VOL_COPA_G	0,5	0,86	0,64	0,97	0,97	1	0,99	1										

RxD MAY	0,67	0,95	0,82	0,96	0,94	0,92	0,94	0,92	1									
RxDMEN	0,53	0,96	0,8	0,98	0,96	0,94	0,95	0,93	0,98	1								
V_1dvN RB	0,5	0,8	0,65	0,92	0,9	0,97	0,98	0,95	0,93	0,93	1							
V_2dvN RB	0,53	0,8	0,66	0,9	0,88	0,96	0,97	0,94	0,93	0,92	1	1						
V_3dvN RB	0,52	0,8	0,63	0,93	0,9	0,98	0,98	0,97	0,93	0,93	1	0,99	1					
SDDC	0,6	1	0,83	0,95	0,95	0,85	0,86	0,86	0,95	0,96	0,8	0,8	0,8	1				
PSFCC_v	0,63	0,88	0,77	0,92	0,93	0,92	0,93	0,92	0,93	0,92	0,9	0,89	0,9	0,88	1			
PSFCC_c	0,54	0,9	0,76	0,86	0,89	0,78	0,78	0,8	0,83	0,84	0,67	0,66	0,69	0,9	0,88	1		
LN_PSFC C_v	0,6	0,87	0,76	0,75	0,77	0,65	0,66	0,66	0,78	0,78	0,6	0,6	0,6	0,87	0,82	0,86	1	
LN_PSFC C_c	0,56	0,87	0,75	0,74	0,76	0,6	0,62	0,62	0,76	0,76	0,53	0,53	0,54	0,87	0,76	0,9	0,88	1

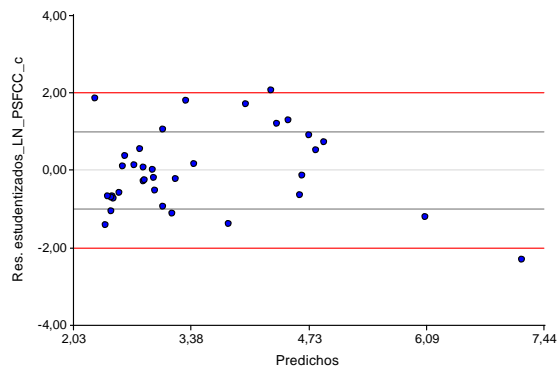
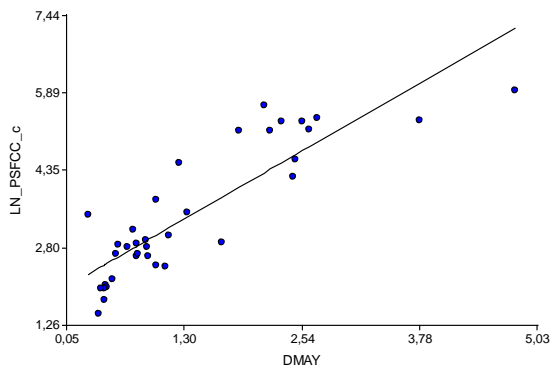
Tabla A. 3 Gráfico de los ajustes y diagrama de dispersión de residuos estudentizados y valores predichos para cada modelo generado.

AJUSTE

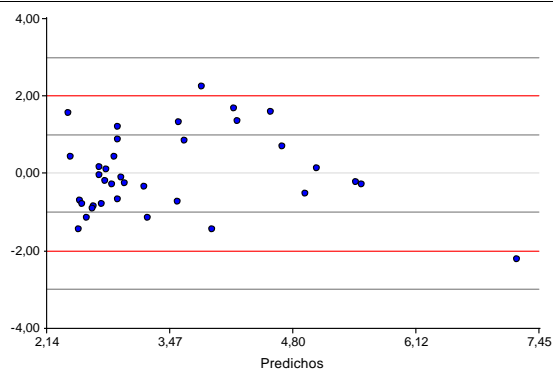
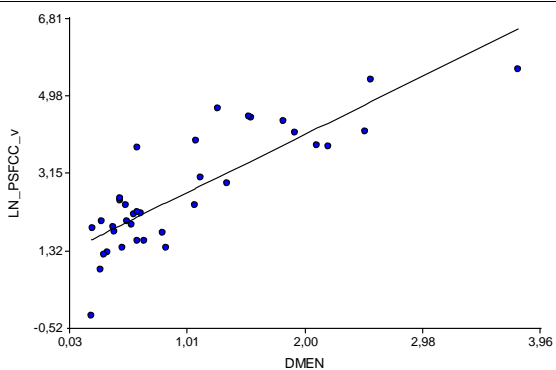
GRAFICO DE LOS RESIDUOS



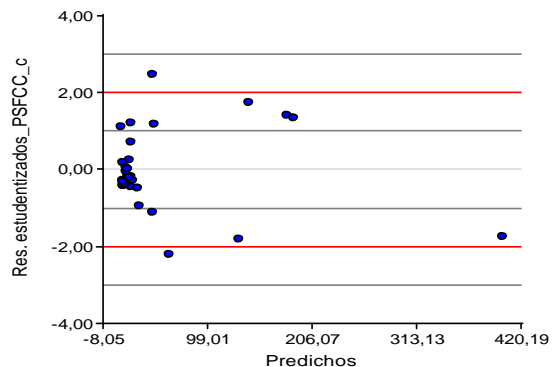
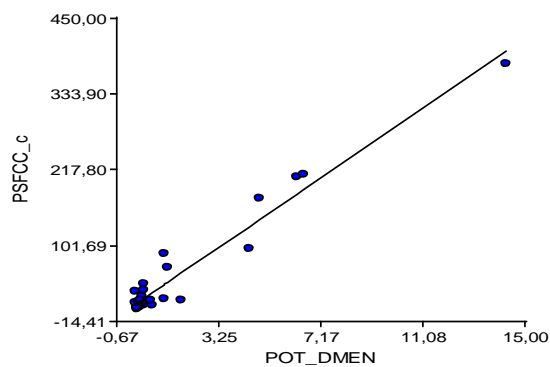
$$PSFCC_c = e^{(1,97+1,088DMAY)}$$



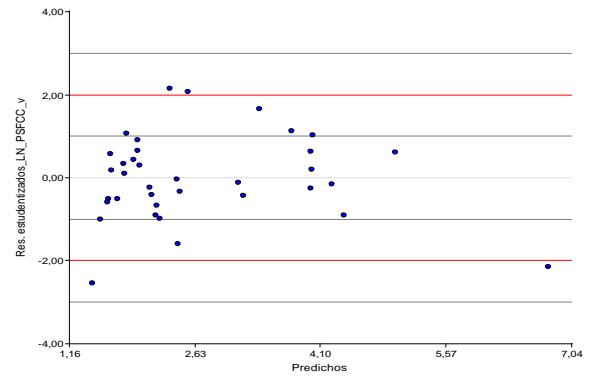
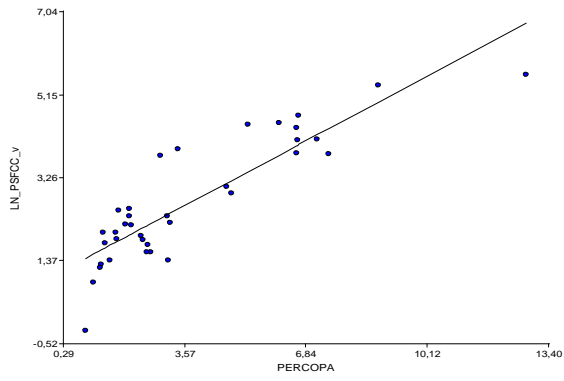
$$PSFCC_v = e^{(1,203+1,397DMEN)}$$



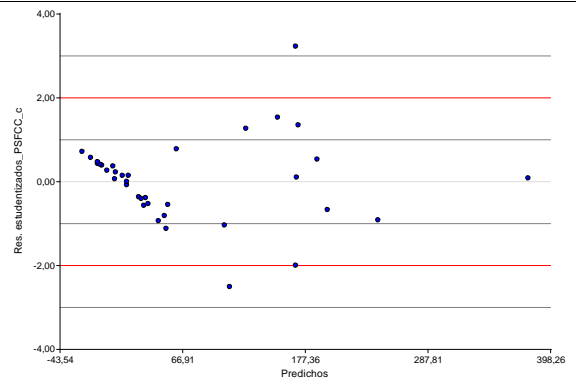
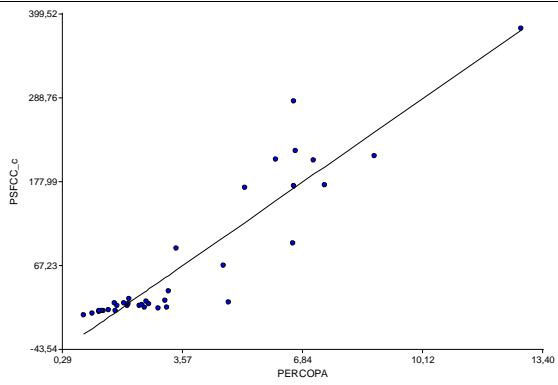
$$PSFCC_c = 10,214 + 27,33DMEN$$



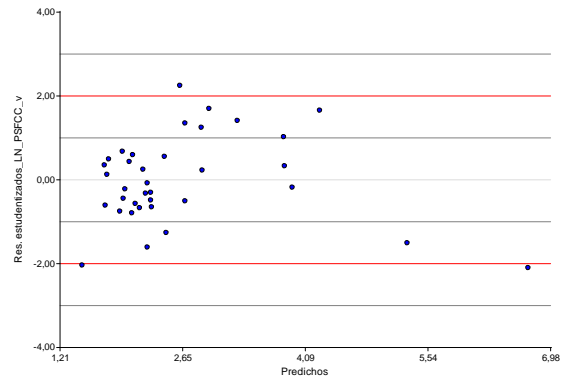
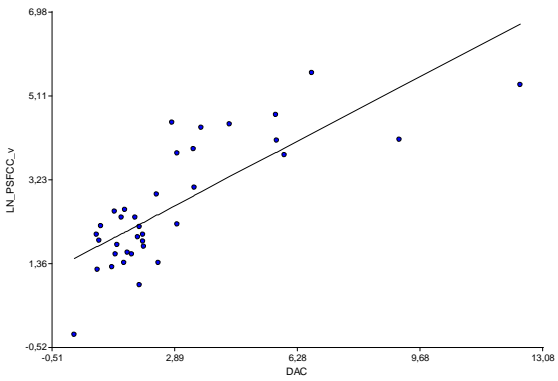
$$PSFCC_v = e^{(1,028+0,449PERICOPA)}$$



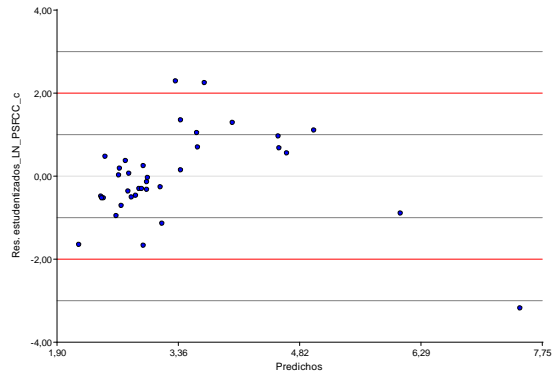
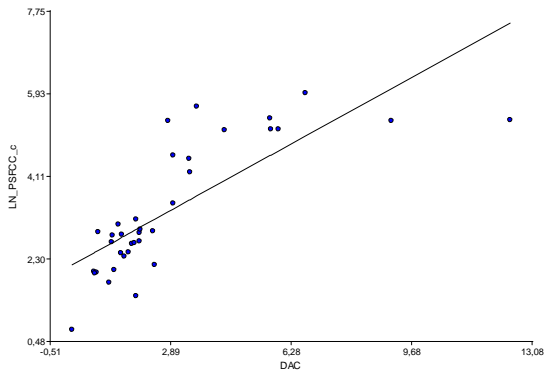
$$PSFCC_v = -53,471 + 33,722PERCOPA$$



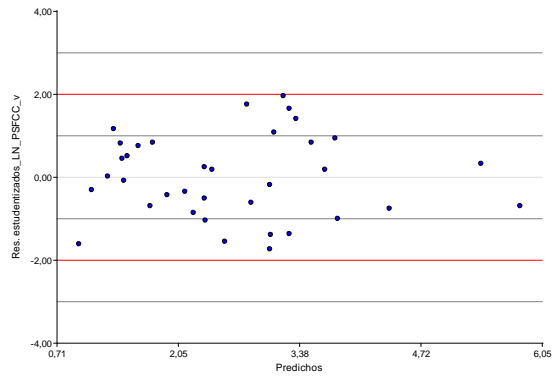
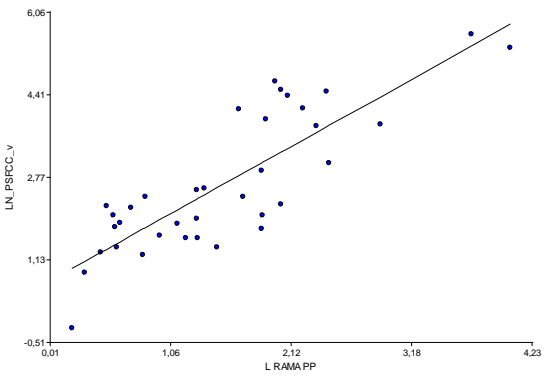
$$PSFCC_c = e^{(1,423+0,425DAC)}$$



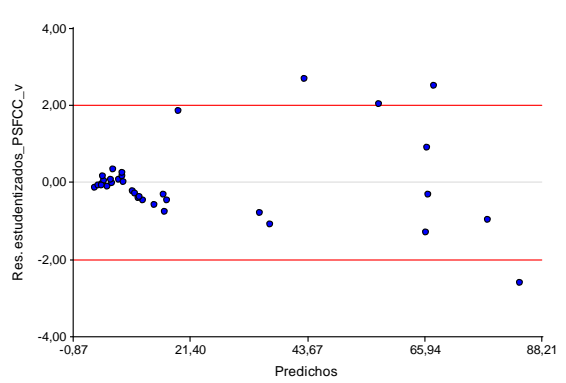
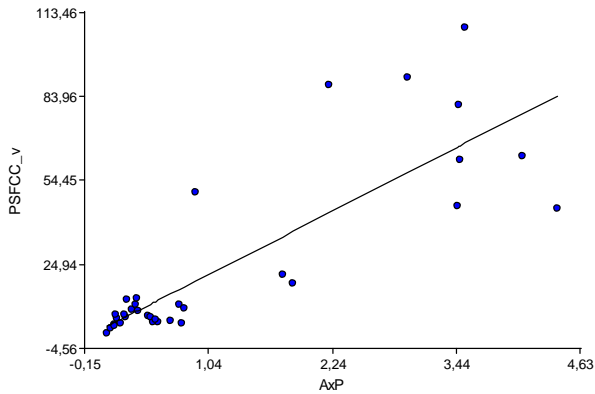
$$PSFCC_v = e^{(2,121+0,43DAC)}$$



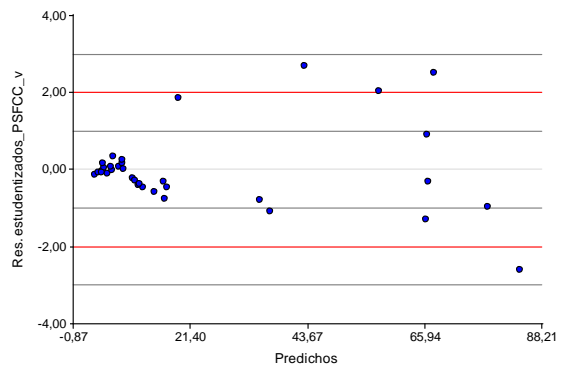
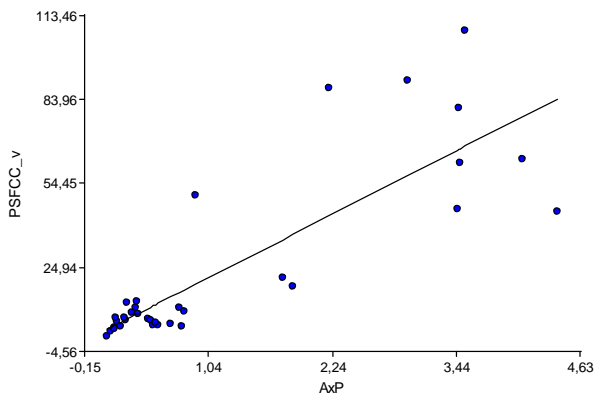
$$PSFCC_c = e^{(0,022 + 1,223(LRAMAPP))}$$



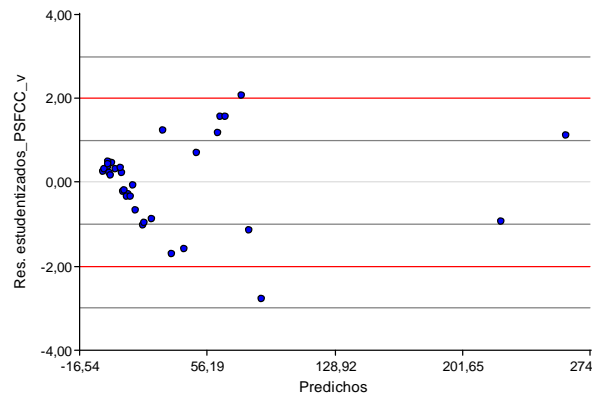
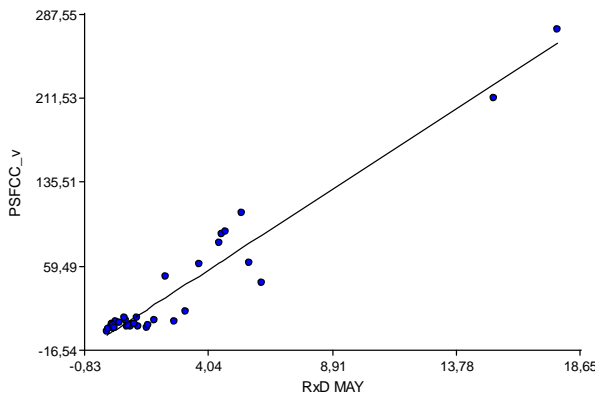
$$PSFCC_v = 0,22 + 20,313AxP$$



$$PSFCC_v = -2,52 + 12,77RxD MAY$$



$$PSFCC_v = -4,15 + 14,94RxD MAY$$



$$PSFCC_c = -42,43 + 95,87DCPROM$$

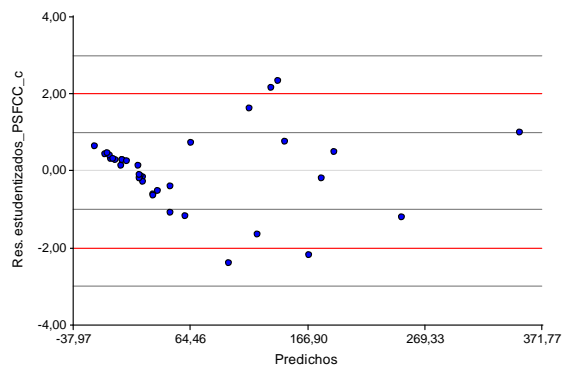
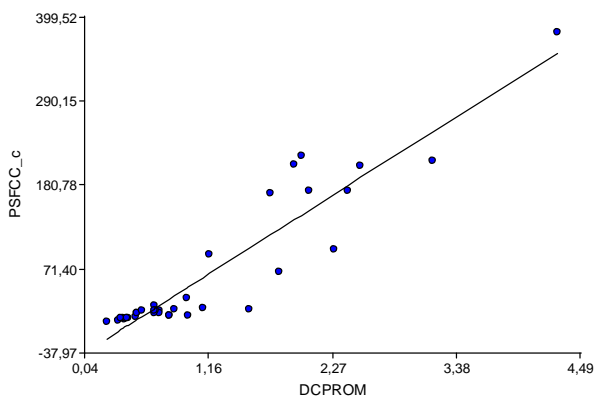


Tabla A. 4 Medidas de resumen de los tratamientos de todas las variables en cada tratamiento. n: Tamaño de la muestra, D.E. Desviación estándar, E.E. Error estándar, C.V. Coeficiente de Variación, Min. Valor inferior del rango, Max, el el límite superior del rango para cada variable.

Variable	Unidades	Rolado 2							Testigo						
		n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
H	M	17	1,22	0,62	0,15	51,03	0,39	2,19	19	1,34	0,94	0,22	70,33	0,23	3,63
DMAY	M	17	1,35	0,81	0,2	59,99	0,46	2,71	19	1,41	1,24	0,29	88,3	0,28	4,8
DMEN	M	17	1,05	0,69	0,17	65,72	0,35	2,5	19	0,98	0,94	0,22	95,77	0,21	3,78
PERCOPA	M	17	3,8	2,25	0,55	59,32	1,31	7,45	19	3,68	3,07	0,7	83,56	0,89	12,8
DAC	Cm	17	3,08	2,35	0,57	76,14	0,84	9,11	19	2,68	2,75	0,63	102,58	0,11	12,46
N R B	unidades	17	3,88	2,39	0,58	61,69	1	10	19	2,47	1,17	0,27	47,39	1	6
Prom DACR	Cm	17	0,38	0,39	0,09	101	0	1,51	19	0,26	0,27	0,06	101,81	0,08	1,13
L RAMA PP	M	17	1,43	0,66	0,16	46,27	0,45	2,43	19	1,63	1,09	0,25	66,73	0,2	4,04
DIF_DDC	M	17	0,3	0,32	0,08	108,42	0,04	1,44	19	0,42	0,41	0,1	97,64	0,05	1,32
DCPROM	M	17	1,2	0,74	0,18	61,24	0,41	2,53	19	1,2	1,08	0,25	90,59	0,25	4,29

PERI_BASE	Cm	17	9,69	7,38	1,79	76,14	2,64	28,62	19	8,43	8,65	1,98	102,58	0,35	39,14
AdC Elipse	m2	17	1,5	1,64	0,4	109,45	0,13	5,01	19	1,93	3,53	0,81	182,67	0,05	14,25
AxP	m2	17	1,53	1,59	0,39	104,24	0,14	4,42	19	1,79	3,14	0,72	175,43	0,06	13,04
VOL_ELIP	m3	17	1,69	2,12	0,51	125,29	0,04	6,74	19	3,54	8,37	1,92	236,2	0,01	34,49
VOL_CASQ	m3	17	6,86	8,01	1,94	116,79	0,15	24,55	19	14,36	31,9	7,32	222,12	0,03	129,98
VOL_COPA_G	m3	17	1,28	1,53	0,37	119,47	0,03	4,13	19	2,4	5,64	1,29	235,12	0,01	23,67
RxD MAY	m2	17	2,35	2,12	0,52	90,39	0,21	6,13	19	3,47	5,04	1,16	145,19	0,06	17,76
RxDMEN	m2	17	1,86	1,8	0,44	96,52	0,16	5,55	19	2,46	3,77	0,87	153,14	0,04	13,99
V_1dvNRB	m3	17	0,37	0,38	0,09	103,91	0,01	1,35	19	1,44	3,06	0,7	212,87	0,0032	11,5
V_2dvNRB	m3	17	1,55	1,47	0,36	94,37	0,03	4,91	19	5,93	11,81	2,71	199,06	0,01	43,33
V_3dvNRB	m3	17	0,28	0,27	0,07	95,78	0,01	0,83	19	0,96	2,02	0,46	210,33	0,0026	7,89
PSH N LIG	G	17	21,98	22,99	5,58	104,59	2,7	76,6	19	22,42	45,82	10,51	204,39	0,5	194,4
PSRNO LIG	G	17	11,42	13,26	3,22	116,14	0,7	43,2	19	16,75	35,23	8,08	210,3	0,3	138,8
PSHLIG	G	17	52,15	64,33	15,6	123,35	1,9	203,6	19	21,59	35,05	8,04	162,35	0	117

PSRLIG	G	17	124,13	148,62	36,05	119,73	2,4	439,9	19	72,06	97,33	22,33	135,06	0	316,2
PTF	G	17	209,68	241,95	58,68	115,39	13	677,4	19	132,82	184,7	42,37	139,06	4,8	696,8
PSFCC_v	G	17	33,4	59,22	8,56	105,64	3,6	108,1	19	39,17	75,47	17,31	192,68	0,8	273,9
PSFCC_c	G	17	72,86	95,42	23,21	111,87	5,9	284,7	19	60,76	100,04	22,95	164,65	2,1	380,6
P_PSH_V	%	17	70,34	8,5	2,06	12,08	51	82,5	19	75,79	73,15	16,78	96,52	30,7	372
P_PSR_V	%	17	29,66	8,5	2,06	28,65	17,5	49	19	24,21	73,15	16,78	302,16	-272	69,3
P_PSH_C	%	17	85,72	6,68	1,62	7,79	70,3	94	19	82,91	39,65	9,1	47,82	30,7	228,3
P_PSR_C	%	17	14,28	6,68	1,62	46,8	6	29,7	19	17,09	39,65	9,1	231,94	-128,3	69,3
MS_HRNLIG	%	17	92,34	0,62	0,15	0,67	91,7	93,3	19	92,32	0,64	0,15	0,7	91,8	93,6
MS_RNLIG	%	17	93,11	0,27	0,07	0,29	92,8	93,5	19	93,28	0,35	0,08	0,37	93	93,9
MS_HRLIG	%	17	92,9	0,53	0,13	0,57	92,3	93,8	19	92,73	0,43	0,1	0,46	92,2	93,2
FDN_HRNLIG	%	17	31,21	2,55	0,62	8,15	26,8	33,9	19	28,12	2,19	0,5	7,8	26,1	32,1
FDN_RNLIG	%	17	72,44	1,09	0,26	1,5	71,7	74,8	19	71,46	2,13	0,49	2,98	67	73,2
FDN_HRLIG	%	17	24,04	1,32	0,32	5,48	22,6	26,7	19	28,13	1,19	0,27	4,25	26,2	29,5

FDA_HRNLIG	%	17	12,9	0,28	0,07	2,16	12,5	13,3	19	13,01	3,28	0,75	25,21	6,5	17
FDA_RNLIG	%	17	50,91	3,62	0,88	7,11	47,3	56,9	19	47,01	1,58	0,36	3,36	44,1	48,8
FDA_HRLIG	%	17	11,12	0,94	0,23	8,43	9,9	12,4	19	13,13	1,33	0,3	10,12	11,8	15
PB_HRNLIG	%	17	23,63	0,89	0,22	3,79	22,2	24,7	19	22,16	0,8	0,18	3,6	21,3	23,3
PB_RNLIG	%	17	10,64	0,72	0,17	6,74	9,6	11,4	19	11,05	0,97	0,22	8,8	10	12,4
PB_HRLIG	%	17	22,3	1,54	0,37	6,92	20,1	24,3	19	21,23	1,37	0,31	6,46	19,8	23,4
MOD_v	%	17	67,08	3,56	0,86	5,3	60,1	71,6	19	65,15	5,47	1,25	8,4	55,1	74,3
MOD_c	%	17	75,56	3,47	0,84	4,59	67,4	80,5	19	81,46	46,67	10,71	57,3	55,1	272,3
MSD_v	%	17	52,76	3,86	0,94	7,32	45,2	57,7	19	67,02	70,95	16,28	105,87	39,7	359
MSD_c	%	17	62,01	3,76	0,91	6,07	53,1	67,3	19	64,63	34,47	7,91	53,34	39,7	203,9
ED_v	Mcal/kg	17	3,18	0,18	0,04	5,8	2,8	3,4	19	3,09	0,31	0,07	10	2,5	3,6
ED_c	Mcal/kg	17	3,66	0,18	0,04	5,03	3,2	3,9	19	3,99	2,62	0,6	65,64	2,5	14,7
EM_v	Mcal/kg	17	2,61	0,16	0,04	6,04	2,3	2,8	19	2,52	0,25	0,06	9,86	2,1	2,9
EM_c	Mcal/kg	17	3,01	0,16	0,04	5,23	2,6	3,2	19	3,27	2,14	0,49	65,22	2,1	12

Tabla A. 5 Modelos de regresiones múltiples generados en función de los criterios a) mínimo Error cuadrático medio (ECM), b) máximo coeficiente R² Aj y c) mínimo Error Cuadrático Medio de Predicción (ECMP)

TIPO	TIPO DE VARIABLE	CRITERIO	ROLADO			TESTIGO		
			MODELO	NV	VALOR	MODELO	NV	VALOR
PSFCC_V	DIRECTAS	ECM	H+DMAY+PROMDACR+LRAMAPP	4	94,11	H+DMEN+DAC+NRB+Prom DACR+LRAMAPP	6	150,93
		R ² Aj	H+DMAY+Prom+DACR+L RAMA PP	5	0,92	H+DMEN+DAC+N R B+Prom DACR+L RAMA PP	6	0,97
		ECMP	H + DMAY + PERCOPA+N R B +Prom DACR+L RAMA PP	6	349,71	H+DMAY+DMEN+DAC+N R B+Prom+ DACR+L RAMA PP	7	1140,58
SINTETICAS	DIRECTAS	ECM	DIF_DCC+PERI_BASE+AdC ELIPSE+VOL_ELIP+VOL_COPA_G+ V_1dvNRB+V_2dvNRB+V_3dvNRB	8	14,92	DIF_DDC+AdC Elipse+AxP+VOL_ELIP+VOL_CASQ+RxD MAY+RxDMEN+V_1dvNRB+V_3dvNRB	9	47,48
		R ² Aj	DIF_DDC+PERI_BASE+AdC Elipse+AxP+VOL_ELIP+VOL_COPA _G+V_1dvNRB +V_2dvNRB+V_3dvNRB	9	0,99	DIF_DDC+AdCElipse+AxP+VOL_ELIP+VOL_CAS Q+RxDMAY+RxDMEN+V_1dvNRB+V_3dvNRB	9	0,99
		ECMP	SDDC+AxP+VOL_CASQ+RxDMAY+ RxDMEN+V_2dvNRB	6	7,1	DIF_DDC+AdCElipse+AxP+VOL_ELIP+VOL_CAS Q+RxDMAY+RxDMEN+V_1dvNRB+V_3dvNRB+	10	55,88

RxDMEN

PSFCC_ C	DIRECTAS	ECM	H+DMEN+PERCOPA+DAC+N R B+L RAMA PP	6	243,14	H+DMAY+PromDACR+L RAMA PP	4	679,57
		R ² Aj	H+DMEN+PERCOPA+DAC +N R B + L RAMA PP	6	0,97	H+DMAY+PromDACR+L RAMA PP	4	0,93
		ECMP	H+DMEN+PERCOPA+DAC+N R B+PromDACR+LRAMA PP	7	1931,2	H +DAC+PromDACR+LRAMAPP	4	2961,0 6
	SINTETIC AS	ECM	DIF_DDC+PERI_BASE+AdCElipse+ AxP+VOL_ELIP+VOL_CASQ+VOL_ COPA_G+RxDMAY+RxDMEN+V_1 dvNRB+V_2dvNRB+V_3dvNRB	12	0,73	DIF_DDC+DCPROM+AxP+VOL_ELIP+VOL_CAS Q+VOL_COPA_G+V_1dvNRB+V_2dvNRB+V_3d vNRB	10	13,66
		R ² Aj	DIF_DDC+PERI_BASE+AdCElipse+ AxP+VOL_ELIP+VOL_CASQ+VOL_ COPA_G+RxDMAY+RxDMEN+V_1 dvNRB	10	1	DIF_DDC+SDDC+AxP+VOL_ELIP+VOL_CASQ+V OL_COPA_G+RxDMEN+V_1dvNRB+V_2dvNRB +V_3dvNRB	10	1
		ECMP	DIF_DDC+SDDC+AxP+VOL_ELIP+V OL_CASQ+VOL_COPA_G+RxDME N+V_1dvNRB+V_2dvNRB+V_3dv NRB	12	2,18	DIF_DDC+SDDC+AxP+VOL_ELIP+VOL_CASQ+V OL_COPA_G+RxD MAY+RxDMEN+V_1dvNRB+V_2dvNRB+V_3dv NRB	11	15,66

Resultados del Análisis de la Varianza de los parámetros nutricionales estimados

A.1 *Materia Orgánica Digestible para ganado vacuno (MOD_v)*,

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MOD_v	36	0,34	0,12	6,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	266,51	9	29,61	1,52	0,1942
PARCELA	19,98	1	19,98	0,69	0,4319 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	233,31	8	29,16	1,49	0,2075
Error	507,61	26	19,52		
Total	774,13	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,15402

Error: 29,1633 gl: 8

PARCELA	Medias	n	E.E.	
TES	65,24	19	1,02	A
ROL2	66,77	17	1,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

A.2 *Materia Orgánica Digestible para ganado caprino (MOD_c)*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MOD_c	36	0,33	0,10	7,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	382,68	9	42,52	1,42	0,2289
PARCELA	173,06	1	173,06	7,47	0,0257 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	185,24	8	23,15	0,78	0,6275
Error	776,30	26	29,86		
Total	1158,98	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,70143

Error: 23,1547 gl: 8

<u>PARCELA</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
TES	70,79	19	1,26	A
<u>ROL2</u>	<u>75,29</u>	<u>17</u>	<u>1,38</u>	<u>B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A. 3 *Materia Seca Digestible para ganado vacuno (MSD_v)*,

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>MSD_v</u>	<u>36</u>	<u>0,34</u>	<u>0,11</u>	<u>9,34</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor (Error)</u>
Modelo	313,70	9	34,86	1,50	0,2006
PARCELA	24,14	1	24,14	0,71	0,4254 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	273,87	8	34,23	1,47	0,2154
Error	604,77	26	23,26		
<u>Total</u>	<u>918,47</u>	<u>35</u>			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,50071

Error: 34,2343 gl: 8

<u>PARCELA</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
TES	50,75	19	1,11	A
<u>ROL2</u>	<u>52,43</u>	<u>17</u>	<u>1,21</u>	<u>A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.4 *Materia Seca Digestible para ganado caprino (MSD_c)*

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
<u>MSD_c</u>	<u>36</u>	<u>0,33</u>	<u>0,10</u>	<u>10,04</u>

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor (Error)</u>
Modelo	453,57	9	50,40	1,42	0,2304
PARCELA	204,96	1	204,96	7,45	0,0259 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	220,09	8	27,51	0,78	0,6277
Error	922,64	26	35,49		
Total	1376,22	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,03467

Error: 27,5115 gl: 8

<u>PARCELA</u>	<u>Medias n</u>	<u>E.E.</u>	
TES	56,82 19	1,38	A
ROL2	61,71 17	1,50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.5 Energía Digestible para ganado vacuno (ED_v)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
ED_v	36	0,31	0,07	7,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor (Error)</u>
Modelo	0,73	9	0,08	1,30	0,2834
PARCELA	0,04	1	0,04	0,52	0,4924 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	0,65	8	0,08	1,31	0,2830
Error	1,61	26	0,06		
Total	2,34	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21914

Error: 0,0812 gl: 8

PARCELA	Medias	n	E.E.	
TES	3,09	19	0,06	A
ROL2	3,16	17	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.6 Energía Digestible para ganado caprino (ED_c)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ED_c	36	0,32	0,09	8,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	1,12	9	0,12	1,37	0,2516
PARCELA	0,56	1	0,56	9,05	(PARCELA>CH)
PARCELA>CH	0,50	8	0,06	0,68	0,7017
Error	2,37	26	0,09		
Total	3,50	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19211

Error: 0,0624 gl: 8

PARCELA	Medias	n	E.E.	
TES	3,39	19	0,07	A
ROL2	3,65	17	0,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.7 Energía metabolizable para ganado vacuno (EM_v)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EM_v	36	0,35	0,13	7,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	0,56	9	0,06	1,57	0,1780
PARCELA	0,05	1	0,05	0,76	0,4075 (PARCELA>CH)
PARCELA>CH	0,48	8	0,06	1,53	0,1959
Error	1,03	26	0,04		
Total	1,58	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18892

Error: 0,0603 gl: 8

PARCELA	Medias n	E.E.
TES	2,53	19 0,05 A
ROL2	2,60	17 0,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.8 Energía Metabolizable para ganado caprino (EM_c)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EM_c	36	0,34	0,11	8,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	0,85	9	0,09	1,48	0,2092
PARCELA	0,40	1	0,40	7,77	(PARCELA>CH)
PARCELA>CH	0,41	8	0,05	0,80	0,6118
Error	1,67	26	0,06		
Total	2,52	35			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17372

Error: 0,0510 gl: 8

PARCELA	Medias	n	E.E.	
TES	2,79	19	0,06	A
ROL2	3,00	17	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes($p \leq 0,05$)

A.9 Prueba de normalidad de los Residuos Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE_ED_v	36	0,00	1,01	0,96	0,6009
RE_ED_c	36	0,00	1,02	0,90	0,0127
RE_EM_v	36	0,00	1,01	0,95	0,2772
RE_EM_c	36	0,00	1,01	0,88	0,0031
RE_MOD_v	36	0,00	1,01	0,95	0,3715
RE_MOD_c	36	0,00	1,01	0,90	0,0068
RE_MSD_v	36	0,00	1,01	0,95	0,3696
RE MSD c	36	0,00	1,01	0,90	0,0050

A.10 Prueba de Homocedasticidad de las varianzas: Prueba de rachas

Variable	Valor de Corte	(n1+n2)	n1	n2	rachas	E(R)	p(2 colas)
RE_ED_v	0,00	36	20	16	19	18,78	0,5959
RE_ED_c	0,00	36	23	13	23	17,61	0,9882
RE_EM_v	0,00	36	20	16	15	18,78	0,1300
RE_EM_c	0,00	36	23	13	21	17,61	0,9278
RE_MOD_v	0,00	36	20	16	15	18,78	0,1300
RE_MOD_c	0,00	36	22	14	23	18,11	0,9753
RE_MSD_v	0,00	36	20	16	15	18,78	0,1300
RE_MSD_c	0,00	36	22	14	23	18,11	0,9753