



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de

Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MADERA Y
RENDIMIENTO DE BIOMASA FORRAJERA EN UNA
FORESTACIÓN DE ÁLAMOS**

Pablo Manuel Vanella

DNI: 38.018.565

Director: *Ing. Agr. Msc. José O. Plevich*

Co-Director: *Dr. Santiago I. Fiandino*

Río Cuarto - Córdoba

Mayo 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO FACULTAD DE
AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Evaluación de la producción de madera y
rendimiento de biomasa forrajera en una forestación de álamos.

Autor: Pablo Manuel Vanella

DNI: 38.018.565

Director: Ing. Agr. Msc. José O. Plevich

Co-Director: Dr. Santiago I. Fiandino

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión
Evaluadora:

Dr. Santiago I. Fiandino

Ing. Agr. Msc Oscar Giayetto

Ing. Agr. Marco J. Utello

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MADERA Y RENDIMIENTO DE BIOMASA FORRAJERA EN UNA FORESTACIÓN DE ÁLAMOS	I
CERTIFICADO DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
INTRODUCCIÓN	11
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS GENERALES	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Características del área de estudio	15
Evaluación de la producción madera de la plantación de álamos	17
Evaluación de la producción de biomasa forrajera	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Estadística descriptiva de la plantación	27
Evaluación del incremento anual	30
Evaluación de la producción de materia seca de las especies forrajeras	33
<i>Comportamiento de las especies primavera-estivales</i>	33
<i>Comportamiento de las especies otoño-primaverales</i>	36
<i>Producción de biomasa total de los sistemas</i>	38
Análisis de la receptividad ganadera y producción potencial de terneros ...	40
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del establecimiento “El Dorado” (Google Earth).....	15
Figura N° 2: Delimitación del establecimiento “El Dorado”. El polígono de color rojo establece los límites del establecimiento. El polígono de color azul establece los límites de la forestación de <i>Populus x canadensis</i> (Conti “12”).....	16
Figura N° 3: Forestación de <i>Populus x canadensis</i> (Sitio de alta calidad).....	18
Figura N° 4: Forestación de <i>Populus x canadensis</i> (Sitio de calidad intermedia).....	19
Figura N° 5: Forestación de <i>Populus x canadensis</i> (Sitio de baja calidad).....	19
Figura N° 6: Ubicación de micro-parcelas y puntos de muestreo.....	21
Figura N° 7: Preparación y marcación de micro-parcelas bajo copa y entre copa.....	22
Figura N° 8: Micro-parcelas previas a la siembra.....	22
Figura N° 9: A: micro-parcela de maíz testigo; B: micro-parcela de maíz bajo copa en sitio de alta calidad; C: micro-parcela de maíz bajo copa sitio calidad intermedia; D: micro-parcela de maíz bajo copa sitio baja calidad.....	23
Figura N° 10: A: micro-parcela de sorgo bajo copa en sitio de alta calidad; B: micro-parcela de sorgo entre copa en sitio de alta calidad.....	24
Figura N° 11: A: micro-parcela de vegetación espontánea bajo copa en sitio de calidad intermedia; B: micro-parcela de vegetación espontánea entre copa en sitio de calidad intermedia.....	24
Figura N° 12: A: micro-parcela de avena testigo; B: micro-parcela de avena entre copa sitio de alta calidad; C: micro-parcela de avena entre copa sitio de calidad intermedia; D: micro-parcela de avena entre copa en sitio de baja calidad.....	25
Figura N° 13: A: micro-parcela de centeno bajo copa en sitio de alta calidad; B: micro-parcela de centeno entre copa en sitio de alta calidad.....	25
Figura N° 14: A: micro-parcela de vegetación espontánea en sitio de alta calidad; B: micro-parcela de vegetación espontánea en sitio de baja calidad.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Evolución del diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm) de la especie arbórea durante el período de estudio.....	27
Tabla N° 2: Evolución de la altura (m) de la especie arbórea durante el período de estudio.	28
Tabla N° 3: Evolución del Área Basimétrica (AB) por árbol (m^2) durante el período de estudio	29
Tabla N° 4: Evolución del Área Basimétrica (AB) por hectárea (m^2/ha).....	29
Tabla N° 5: Evolución del volumen real medio por árbol ($m^3/árbol$)	30
Tabla N° 6: Evolución del volumen real medio por hectárea (m^3/ha) e incremento medio anual ($m^3/ha/año$)	30
Tabla N° 7: Producción de biomasa total de los distintos componentes del sistema.	39
Tabla N° 8: Receptividad de los distintos sistemas, producción potencial anual de terneros por año y kilogramos de carne producida por año.	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Incremento corriente anual (IA) de volumen de madera ($m^3/ha/año$) durante el período 2017 - 2018 en cada sitio de la plantación de álamos.....	31
Gráfico N° 2: Producción de materia seca (gr/m^2) de especies primavera-estivales con relación al sitio forestal.....	33
Gráfico N° 3: Producción de materia seca (gr/m^2) de las especies primavera-estivales	34
Gráfico N° 4: Producción de materia seca (gr/m^2) de las especies primavera-estivales en relación con la posición respecto al árbol.....	35
Gráfico N° 5: Producción de materia seca (gr/m^2) de las especies otoño-primaverales con relación al sitio forestal	36
Gráfico N° 6: Producción de materia seca (gr/m^2) de especies otoño-primaverales	37
Gráfico N° 7: Producción de materia seca (gr/m^2) de las especies otoño-primaverales con relación a la posición respecto al árbol.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Precipitaciones normales mensuales (1990 - 2017) y precipitaciones media mensuales del año 2018.....	47
Anexo N° 2: Inventario forestal de <i>Populus x canadensis</i>	48
Anexo N° 3: Datos de materia seca de pasturas implantadas y vegetación espontánea primavera-estivales	50
Anexo N° 4: Datos de materia seca de cultivos implantados y vegetación espontánea otoño-primaverales	51

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia, por su apoyo incondicional durante los años de estudios y en mis proyectos de vida, especialmente a mi padre Alberto, que participó activamente en la preparación del ensayo, con entusiasmo y predisposición; sin su ayuda seguramente todo hubiera sido mucho más difícil, quien junto a mi madre María Luisa, con quien compartimos el gusto por la agronomía, fueron los pilares fundamentales en todos estos años de estudio.

A mis amigos, entre ellos, futuros colegas como Joaquín Cassidy, Joaquín Przysiezny, Lorenzo, Juan Cruz, Nicolás, Gabriel y Franco, que me ayudaron no sólo en esta investigación, si no durante todo el recorrido de la carrera; lograron que el camino transitado fuera mucho más agradable. A Santiago, otro amigo incondicional, que a pesar de no pertenecer al rubro de la agronomía, siempre colaboró con el proyecto disfrutando del aprendizaje de cosas nuevas.

A mi director y co-director, Omar (ruso) y Santiago, que me ayudaron desde el primer día en que quise realizar una investigación relacionado a la actividad forestal; me entusiasmaron y me guiaron continuamente para lograr este trabajo.

A la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, por permitirme realizar este proyecto y estudiar esta maravillosa carrera.

A todos ellos, y a todas aquellas personas que seguramente olvidé mencionar en estas líneas y que formaron parte de mi formación profesional y personal; muchas gracias. Esto no hubiera sido posible sin ustedes.

RESUMEN

Un sistema silvopastoril (SSP) es una combinación de especies leñosas, herbáceas y animales bajo una misma unidad de manejo. La utilización adecuada de los recursos en estos sistemas permite hacer un uso más eficiente de los mismos en comparación con sistemas puros. El motivo de la realización del presente trabajo fue evaluar la oportunidad de establecer un SSP que permita aprovechar las herbáceas que crecen espontáneamente bajo el dosel de una plantación de *Populus x canadensis* (álamo “Conti 12”), comparando su productividad con la de pasturas implantadas bajo las mismas condiciones (SSP) y con un testigo sin árboles. Para ello, se midió la producción de biomasa neta aérea de la vegetación espontánea y de las pasturas implantadas en el SSP y en la situación testigo sin árboles, estimando también la receptividad ganadera bovina para cada caso. Además, se midió la producción de madera, con el objetivo de evaluar el incremento anual medio del volumen de fuste de la forestación. En ese sentido, se encontró que árboles de mayor tamaño que crecen en sitios de mejor calidad tuvieron un mayor crecimiento que árboles de menor tamaño ubicados en sitios de menor calidad. En el ensayo de forrajeras, no se observaron diferencias significativas entre la producción de materia seca de la vegetación espontánea y los cultivos implantados para las especies primavera-estivales. En el caso de las especies otoño-primaverales, los cultivos implantados tuvieron mayor producción de biomasa aérea que la vegetación espontánea. En el testigo sin árboles, la producción de biomasa aérea herbácea fue ampliamente superior que en el SSP. La receptividad ganadera y la producción de carne también fueron superiores en el testigo sin árboles. Asimismo, las pasturas implantadas en el SSP aumentaron la receptividad y producción de carne a lo largo del año, en comparación con la vegetación espontánea.

Palabras claves: silvopastoril, biomasa, implantados, espontánea, madera.

SUMMARY

Evaluation of wood production and performance of forest biomass in a forest of álamos.

A silvopastoral system (SSP) is a combination of woody, herbaceous and animal species under the same management unit. The adequate use of the resources in these systems allows to make a more efficient use of them in comparison with pure systems. The reason for the realization of this work was to evaluate the opportunity to establish an SSP that allows to take advantage of herbaceous plants that grow spontaneously under the canopy of a *Populus x canadensis* (Poplar Conti 12) plantation, comparing its productivity with that of pastures implanted under the same conditions (SSP) and with a witness without trees. For this, the production of net aerial biomass of the spontaneous vegetation and of the pastures implanted in the SSP and in the control situation without trees was measured, also estimating the bovine cattle receptivity for each case. In addition, timber production was measured, with the objective of evaluating the average annual increase in the volume of afforestation stem. In this sense, it was found that larger trees that grow in better quality sites had higher growth than smaller trees located in lower quality sites. In the forage trial, no significant differences were observed between the dry matter production of the spontaneous vegetation and the implanted crops for the spring - summer species. In the case of autumn-winter species, the implanted crops had higher aerial biomass production than the spontaneous vegetation. In the treeless control, the production of herbaceous aerial biomass was much higher than in the SSP. Livestock receptivity and meat production were also higher in the treeless control. Likewise, the pastures implanted in the SSP increased the receptivity and production of meat throughout the year, in comparison with the spontaneous vegetation.

Keywords: silvopastoral, biomass, implanted, spontaneous, wood.

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales suelen utilizarse como sistemas integrados (silvopastoriles) por las ventajas que ofrecen en obtener ingresos durante el ciclo forestal y por disminuir el riesgo de incendios entre otras ventajas.

Un sistema silvopastoril (SSP) se define como el uso de la tierra y tecnologías en el cual leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas y otros) se combinan con plantas herbáceas y animales bajo la misma unidad de manejo, estableciéndose interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes (Young, 1987).

En este sistema interactúan cinco componentes: el arbóreo, el ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”) (Luccerini *et al.*, 2009).

En Argentina, los SSP se aplican desde hace mucho tiempo; un ejemplo de ello es la incorporación de la actividad ganadera a los montes nativos. Sin embargo, a fines de la década del '90 e inicios del siglo XXI se produce una difusión acelerada en la utilización de estos sistemas bajo plantaciones forestales. (Esquivel *et al.*, 2004).

A diferencia de los sistemas puramente forestales, los SSP pueden proporcionar muchos beneficios económicos y medioambientales, tales como: reducir la necesidad de fertilización con nitrógeno cuando se implementan pasturas consociadas de leguminosas y gramíneas, diversificar el ingreso de la madera añadido por la producción del ganado o de forraje (heno), reducir la necesidad de control químico o mecánico de las malezas debajo de los árboles, reducir el peligro de incendios por ausencia de malezas y material combustible acumulado (biomasa vegetal), aumentar la protección del ganado del calor estival y frío invernal, entre otros (Pezo e Ibrahim, 1999).

Los beneficios mencionados anteriormente son los que han generado el interés de ensayar un sistema silvopastoril en una plantación de *Populus x canadensis* (álamos “Conti 12”) ubicada en la región centro este del departamento de Río Cuarto. Además, la problemática que se presenta en este tipo de sistema es la necesidad de controlar el crecimiento de la vegetación que se encuentra bajo el dosel de los árboles. Esta situación genera gastos de desmalezado y una baja eficiencia en la utilización de los recursos. Una solución a este conflicto podría ser la incorporación de ganado bovino para aprovechar la materia seca producida bajo los árboles; e incluso mejorar dicho recurso mediante la incorporación de especies forrajeras cultivadas.

La utilización de forrajeras en plantaciones forestales, ha sido objeto de investigación en numerosos trabajos científicos. En una experiencia realizada en los valles del norte de la Patagonia, Thomas *et al.* (2016) encontraron que es posible la obtención de forrajes de calidad

para la recría y terminación de ovinos y caprinos en sistemas silvopastoriles de *Populus sp.* y *Salix sp.* bajo riego. Por otra parte, Pincemin *et al.*, (2007) en un ensayo llevado a cabo en una sección de Islas del Delta del Paraná (partido de San Fernando, Provincia de Buenos Aires), observaron que la respuesta en cuanto a la producción de biomasa de los cultivos forrajeros que fueron implantados bajo un dosel de *Populus deltoides* fue diferente de acuerdo a la especie herbácea utilizada. Por ejemplo, *Bromus unioloides* se comportó de modo similar que en los tratamientos a campo abierto durante el invierno, mientras que en la primavera sostuvo su producción de biomasa durante más tiempo (hasta inicios de verano); en cambio, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* redujeron sensiblemente la producción de biomasa durante la primavera, y la incrementaron marcadamente hacia principios de verano bajo el dosel de los álamos. Serventi, (2012) en un ensayo realizado en el Alto Valle de Rio Negro, observó una disminución de la producción forrajera (*Medicago sativa*, *Festuca arundinacea*) con el paso del tiempo en un sistema silvopastoril de álamos “Conti12” como consecuencia del aumento del sombreado. Sin embargo, los árboles del SSP tuvieron un crecimiento significativamente superior en comparación de aquellos que se encontraban en parcelas sin cultivo intercalar.

Además de considerar el comportamiento de la especie forrajera respecto a la interacción con los árboles, es pertinente tener en cuenta la influencia del sitio sobre los componentes del SSP. El sitio se refiere al ambiente físico de los ecosistemas (Barnes *et al.*, 1998). Según este autor, el sitio forestal es la localización geográfica, donde viven plantas y animales, definida por factores del clima y del suelo de características particulares, que permite a esas plantas establecerse y desarrollarse. La incorporación de límite geográfico tiene como requisito que, dentro de éste, las condiciones de desarrollo para los vegetales sean homogéneas. Considerando esta definición, se pueden establecer diferentes “calidades de sitio”. Este término se utiliza en las ciencias forestales para denotar la productividad relativa de un sitio para una especie forestal (FAO, 1985), lo cual permite realizar clasificaciones de calidad del terreno según su potencial de producción (Vincent, 1980; Clutter *et al.*, 1983).

Existen investigaciones que mencionan la influencia de la calidad del sitio sobre el establecimiento, el crecimiento de los árboles y la calidad de la madera y, asimismo, la influencia que tiene también sobre la cantidad y calidad de biomasa producida por las especies forrajeras que se encuentran bajo el dosel de los árboles. Monteoliva y Senisterra, (2008) mostraron que las características del sitio influyeron significativamente en el crecimiento y densidad de 11 clones de *Populus sp.* en ensayos ubicados en la localidad de Teodelina, provincia de Santa Fe y en la localidad de Alberti, Buenos Aires. Los árboles del sitio de Alberti resultaron 5% más altos y 2% más densos, pero los ejemplares de Teodelina resultaron con mayor DAP (7%) y volumen (11%). García - Aguilar *et al.*, (2017) observaron que el crecimiento e incremento de *Pinus patula* bajo plantación está determinado por la calidad de sitio. Cuando los factores ambientales fueron favorables, los incrementos en madera temprana

y tardía alcanzan 6,76 y 1,69 mm /año, respectivamente. Sin embargo, los árboles con crecimiento más activo por encontrarse en sitios con mejor calidad de estación, formaron madera con densidad específica menor (0,33 y 0,32 g cm⁻³), que los ubicados en sitios con calidad de estación menos favorable (0,37 y 0,36 g cm⁻³). Monteoliva y Marlats, (2007) en el *Delta Medio (DM)* del Río Paraná en Entre Ríos y otro sitio denominado *Continental (C)* en la provincia de Buenos Aires, mostraron que la interacción sitio, clon y edad resultó significativa en los incrementos corrientes anuales medios en área basal, en la longitud de fibra y en la densidad de madera ponderadas por área en cinco clones de *Salix sp.* Por otra parte, Bahamonde *et al.*, (2011) observaron una correlación positiva entre el rendimiento y calidad del forraje de gramíneas en el sotobosque y la calidad de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica*.

En la región centro este del Departamento Río Cuarto no hay registros de investigaciones respecto al rendimiento forrajero en plantaciones de álamos y la posibilidad de utilizarlas en sistemas silvopastoriles. En consecuencia, fue necesario abordar un proyecto de investigación en el cual se determinó el rendimiento forrajero de especies herbáceas que crecen de manera espontánea, y especies de crecimiento primavero-estival y otoño-primaveral bajo un dosel de álamos y el rendimiento en madera que estas plantaciones pueden ofrecer. Esta información es valiosa para analizar la receptividad ganadera para cada sistema en particular (espontáneo e implantado) y si las características de los sitios donde se encuentran los árboles tienen efecto sobre la producción de forraje y madera.

HIPÓTESIS:

- El rendimiento de madera de los árboles responden a las variaciones en calidad de sitio que se observan en la llanura bien drenada del centro este del departamento Río Cuarto.
- Las pasturas implantadas poseen mayor capacidad para proveer más cantidad de forraje que las que crecen espontáneamente; lo cual se traduce en una mayor receptividad ganadera.
- Las ventajas atribuidas a los sistemas silvopastoriles de pastoreo en plantaciones permitirán obtener un mayor rendimiento (forraje y madera) que en los sistemas sin la presencia de árboles.

OBJETIVOS GENERALES:

- Evaluar la producción de madera y el rendimiento de biomasa forrajera durante el ciclo de crecimiento de especies forrajeras invernales y estivales en una forestación de álamos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar el incremento anual del volumen de madera de una forestación de *Populus x canadensis* (álamos “Conti 12”) en conjunto con la cantidad de materia seca producida por cuatro especies forrajeras implantadas (dos especies primavera-estivales y dos especies otoño-primaverales) y por la comunidad vegetal que crece espontáneamente bajo el dosel de los árboles en tres calidades de sitio diferente.
- Evaluar la cantidad de materia seca producida por las especies implantadas en el sitio testigo sin árboles.
- Estimar la receptividad ganadera considerando el sistema con pasturas implantadas, el sistema con vegetación espontánea, y el testigo sin árboles.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Características del área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “El Dorado” ubicado a 25 km aproximadamente en dirección este de la localidad de Río Cuarto (Figura 1).

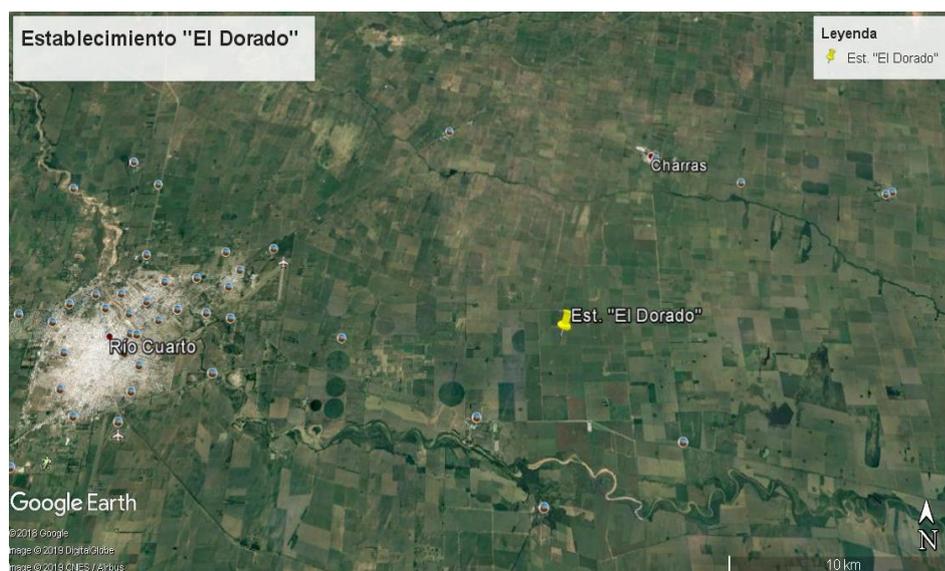


Figura N° 1: Ubicación del establecimiento “El Dorado” (Google Earth).

La región donde se encuentra el establecimiento presenta un clima templado subhúmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño, y con déficits puntuales en verano e invierno (De fina y Ravelo, 1973). El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico, con un semestre lluvioso (octubre a marzo), que concentra el 81-82 % del agua pluvial, y un semestre seco (abril a septiembre), con sólo el 18-19 % de las precipitaciones. La precipitación media anual normal es de aproximadamente 789 mm, teniendo en cuenta los últimos 27 años (Anexo 1). La precipitación media normal durante el ciclo de los cultivos estivales (septiembre a marzo) es de 672 mm (Anexo 1). El régimen térmico es mesotermal; la temperatura media del mes más cálido (Enero) es de 23°C con una máxima absoluta de 39,5°C. La temperatura media del mes más frío (julio) es de 9,1°C con una mínima absoluta de -11,5°C. La amplitud térmica media anual es de 13,9°C. La fecha media de la primera helada es el 25 de mayo y la de última es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas 255 días en promedio. Por último, los vientos predominantes son del sector norte y noreste, mientras que los vientos fríos provienen del sur y suroeste.

La región presenta un relieve suavemente ondulado constituido por sedimentos eólicos franco arenosos finos. La dirección de la pendiente regional es hacia el sudeste, con valores de pendiente que van de 0 a 1%. Los suelos de la región están comprendidos en su gran

mayoría dentro del orden Molisol, y se caracterizan por ser suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios. Su material parental es generalmente calcita, loess, o areniscas, fundamentalmente transportados por el viento. Los procesos principales que coadyuvan a la formación de molisoles son: melanización, descomposición, humificación y pedoperturbación. Tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg. Los subórdenes que aparecen con mayor frecuencia son Udoles, de clima húmedo y régimen de humedad údico; y Ustoles, de clima subhúmedo y régimen de humedad ústico. El Gran Grupo más frecuente es el Hapludol, el cual posee ausencia de horizonte argílico. Los principales procesos de degradación que sufren estos suelos son la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica; y baja capacidad de retención de humedad (Panigatti, 2010).

Características del establecimiento: El establecimiento es de propiedad del Médico Veterinario Alberto Ignacio Vanella. Cuenta con una superficie total de 194 ha. Sobre 182 ha se realiza agricultura a través de contratos de arrendamiento, y sobre las 12 hectáreas restantes se encuentra una forestación de álamos *Populus x canadensis* (Conti 12) de 10 años de edad aproximadamente. La densidad de la forestación es de 625 plantas por hectárea, con un marco de plantación de 4×4 m (Figura 2).



Figura N° 2: Delimitación del establecimiento “El Dorado”. El polígono de color rojo establece los límites del establecimiento. El polígono de color azul establece los límites de la forestación de *Populus x canadensis* (Conti “12”).

Evaluación de la producción madera de la plantación de álamos

La cantidad de parcelas (n) utilizadas para realizar las mediciones de volumen de madera en pie, se determinó mediante el método aleatorio simple:

$$n = \frac{t^2 * s^2}{E^2}$$

donde:

t^2 : Valor de Distribución t

s^2 : Estimador de la varianza

E : Error máximo admisible

El tamaño de las parcelas utilizadas fue de 288 m² (parcelas de 28 árboles). La estimación del volumen de madera en estas parcelas se calculó a partir de la ecuación de Cotta, determinando el valor promedio del volumen de los árboles medidos en la misma:

$$Vr = \frac{\pi DAP^2}{4} * Ht * Cm$$

donde:

Vr : volumen real

DAP : diámetro a la altura del pecho promedio de los árboles de la parcela

Ht : Altura total promedio de los árboles de la parcela

Cm : Coeficiente mórfo. Se utilizó un coeficiente de 0,5 valor obtenido de Carpi (2012).

Una vez calculado el volumen real promedio por árbol de cada parcela, se calculó el volumen de madera (m³/ha) multiplicando por la densidad real correspondiente, considerando el porcentaje de fallas de cada parcela. Teniendo en cuenta el volumen real por hectárea, se establecieron tres intervalos según el método del percentil para clasificarlas. Un intervalo con un nivel bajo de volumen de madera, otro con un nivel intermedio y finalmente un intervalo con un nivel alto. A partir del volumen real de cada parcela (m³/ha) se categorizaron según tres calidades de sitio diferentes: sitio de alta calidad (alto volumen de madera) (Figura 3), sitio de media calidad (nivel intermedio de volumen de madera) (Figura 4), y sitio de baja calidad (bajo volumen de madera) (Figura 5).

Las mediciones de diámetros y alturas para el cálculo de volumen se realizaron en tres oportunidades diferentes para poder evaluar el crecimiento de los árboles en conjunto con el

ciclo de los cultivos forrajeros que también integran el sistema denominado pastoreo en plantaciones. La primera medición se realizó para la caracterización de los sitios, previo a la siembra de las especies primavero-estivales el día 16 de noviembre del año 2017. La segunda medición se realizó el día 23 de marzo del año 2018, previo al corte de las especies de primavera-verano y previo a la siembra de las especies otoño-primaverales. La tercera medición se realizó el 29 de octubre del año 2018 cuando finalizó el ciclo de las especies otoño-primaverales.

Para la obtención del diámetro a la altura del pecho se midió la circunferencia con un centímetro, y luego el valor fue dividido por el número Pi (π). Para la medición de la altura se utilizó un hipsómetro de Suunto.

A partir de las mediciones realizadas, se calculó el incremento anual del volumen real de madera por hectárea.

Análisis estadístico: El diseño experimental corresponde a un diseño completamente aleatorizado (DCA). Se realizó un ANAVA para comparar los incrementos anuales de volumen real por hectárea entre los diferentes sitios identificados, utilizando el método DGC para la comparación de medias con un nivel de significancia de 0,05. Los datos fueron analizados con el módulo de modelos lineales generales y mixtos del software estadístico Infostat, dado que permite trabajar con set de datos donde no se verifica el supuesto de homocedasticidad (Di Rienzo *et al.*, 2018).



Figura N° 3: Forestación de *Populus x canadensis* (Sitio de alta calidad).



Figura N° 4: Forestación de Populus x canadensis (Sitio de calidad intermedia).



Figura N° 5: Forestación de Populus x canadensis (Sitio de baja calidad).

Evaluación de la producción de biomasa forrajera:

Una vez categorizadas las parcelas forestales de acuerdo al sitio, se establecieron las micro-parcelas para la evaluación de los cultivos forrajeros; por una parte especies implantadas y por otra, aquellas especies de regeneración espontánea. Cada conjunto de micro-parcelas (especies implantadas y especies espontáneas) fue ubicado en tres parcelas forestales pertenecientes a distintos sitios, de manera tal que el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (implantadas y espontáneas) se llevó a cabo en cada uno de los sitios categorizados.

Considerando la duración del ensayo (un año) se decidió que las especies forrajeras implantadas fueran de ciclo anual con distinto ciclo de crecimiento, que en conjunto, vegetaran durante todo el periodo de tiempo que comprendía el estudio. En primer lugar se implantaron dos especies anuales primavera-estivales (*Zea mays* y *Sorghum sudanense*), mientras que las espontáneas correspondieron a varias especies que vegetan en las parcelas forestales durante la primavera, verano y otoño, donde domina *Sorghum halepense*. La elección de las especies cultivadas se realizó teniendo en cuenta algunos aspectos tales como: su adaptabilidad agroecológica a la región, las características propias de las especies que la convierten en plantas de gran aptitud forrajera, y el interés propio del investigador de conocer el comportamiento de estas especies bajo la influencia de la leñosa.

Luego, en los mismos sitios se sembraron dos especies anuales otoño-primaverales (*Avena sativa* y *Secale cereale*), y se delimitaron dos parcelas para la comunidad de especies de regeneración espontánea dominadas por *Bromus catharticus*. Además, se establecieron micro-parcelas testigos sin árboles del mismo tamaño, y en ellas se sembraron las mismas especies forrajeras. El manejo de las parcelas testigo fue el mismo que las que se encontraban en el rodal forestal (preparación, siembra y cortes).

Tanto en la evaluación de las especies estivales como de las invernales, se establecieron bloques que contenían seis micro-parcelas de cuatro metros cuadrados; cuatro donde se sembraron las especies cultivadas y dos donde se dejó regenerar a las especies espontáneas. Cada especie cultivada se sembró en dos posiciones (dos micro-parcelas), una en la posición bajo copa y la otra en la posición entre copa (Figuras 6, 7 y 8). La vegetación espontánea se dejó regenerar naturalmente en las mismas posiciones que las especies implantadas.

Las parcelas con las especies cultivadas fueron preparadas mediante la utilización de implementos manuales (palas y azadas) con el fin de lograr una buena preparación de la capa superficial del suelo para la posterior siembra manual. La siembra de las especies de crecimiento estival ubicadas dentro de la forestación se realizó el 24 y 26 de noviembre del año 2017, mientras que las especies invernales se sembraron entre el 17 y 25 de marzo de 2018. La siembra del testigo de especies primavera-estivales se realizó el 1 de diciembre del año 2017, mientras que la siembra del testigo de especies otoño-invernales fue realizada el día 27 de marzo del año 2018. Se utilizó azada y pala para controlar malezas, y se aplicó fipronil para controlar hormigas.

Una vez que las especies forrajeras cultivadas y espontáneas lograron un crecimiento y desarrollo adecuado para poder ser pastoreadas por los bovinos, se tomaron muestras de todas las micro-parcelas, clasificándolas según el sitio del cual provenían.

Se tomaron ocho muestras de 0,25 m² por especie: cuatro muestras de cada micro-parcela bajo la proyección de la copa y cuatro muestras de la posición entre copas. Los puntos de muestreo se ubicaron en relación a los puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste); (Figura

6). Este diseño es similar al utilizado por autores como Fiandino *et al.*, (2016), quienes han documentado comportamientos diferenciales de la vegetación respecto de la proyección vertical de la copa.

En cada punto de muestreo se cortó, al ras del piso, el total de la biomasa aérea circunscrita a una superficie de 0,25 m². El material vegetal cortado en los cuatros puntos de muestreo de cada micro-parcela se sumó para obtener la producción de 1 m² (muestra compuesta). La producción de biomasa de la vegetación espontánea, se obtuvo de la misma manera y en los mismos sitios que la biomasa de las especies implantadas, ya que se delimitaron parcelas de igual tamaño y en las mismas condiciones que aquellas de las forrajeras cultivadas. En el caso de las pasturas testigos sin árboles, también se utilizó esta metodología para la obtención de muestras.

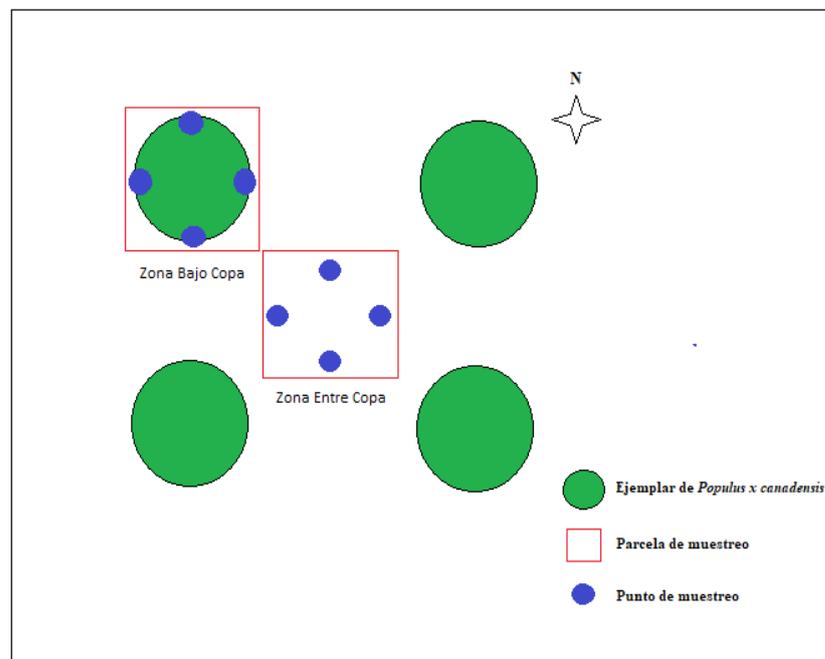


Figura N° 6: Ubicación de micro-parcelas y puntos de muestreo.



Figura N° 7: Preparación y marcación de micro - parcelas bajo copa y entre copa.



Figura N° 8: Micro-parcelas previas a la siembra.

El corte de las especies primavero-estivales fue realizado los días 29 y 30 de marzo del año 2018. En el caso de las especies otoño-primaverales el corte se llevó a cabo el día 31 de octubre del año 2018. Los cortes en los testigos y en la vegetación espontánea se realizaron en la misma fecha que los cortes de las especies implantadas.

El material obtenido de los muestreos se secó en estufa con circulación de aire (a 90 °C) hasta peso constante, para obtener el peso de la materia seca de cada fracción. La producción media de los sistemas silvopastoriles bajo estudio se obtuvo ponderando la producción primaria neta aérea de cada posición con respecto a la superficie que ocupa en cada tratamiento considerando que la cobertura de copas es del 50%.

Utilizando los datos de energía metabólica (Fernández, 2010) en conjunto con los datos de producción primaria neta aérea del forraje implantado y espontáneo, y considerando una

eficiencia de consumo del 60%, se calculó la cantidad de raciones por día que produjo el forraje implantado y espontáneo, la carga animal y la producción potencial de terneros (kg/ha/año) para cada uno de los sistemas bajo estudio (Bavera, 2006).

Análisis estadístico: Los datos de producción de materia seca de las pasturas implantadas y espontáneas de otoño-primavera fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANAVA) con el módulo de modelos lineales generales y mixtos del software estadístico Infostat, dado que permite trabajar con set de datos donde no se verifica el supuesto de homocedasticidad (Di Rienzo *et al.*, 2018). Los datos de producción de materia seca de las pasturas implantadas y espontáneas de primavera-verano también fueron analizados con un análisis de la varianza (ANAVA). El diseño utilizado fue de bloques completos aleatorizados. Las comparaciones de medias entre los tratamientos fueron realizadas a través del método DGC (Di Rienzo *et al.*, 2018) con un nivel de significancia de 0,05.



Figura N° 9: A: micro-parcela de maíz testigo; B: micro-parcela de maíz bajo copa en sitio de alta calidad; C: micro-parcela de maíz bajo copa en sitio de calidad intermedia; D: micro-parcela maíz bajo copa en sitio de baja calidad.



Figura N° 10: A: micro-parcela de sorgo bajo copa en sitio de alta calidad; B: micro-parcela de sorgo entre copa en sitio de alta calidad.



Figura N° 11: A: micro-parcela de vegetación espontánea bajo copa en sitio de calidad intermedia; B: micro-parcela de vegetación espontánea entre copa en sitio de calidad intermedia.



Figura N° 12: A: micro-parcela de avena testigo; B: micro-parcela de avena entre copa sitio de alta calidad; C: micro-parcela de avena entre copa sitio de calidad intermedia; D: micro- parcela de avena entre copa en sitio de baja calidad.



Figura N° 13: A: micro-parcela de centeno bajo copa en sitio de alta calidad; B: micro-parcela centeno entre copa en sitio de alta calidad.



Figura N° 14: *A: micro-parcela de vegetación espontánea en sitio de alta calidad; B: micro-parcela de vegetación espontánea en sitio de baja calidad.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadística descriptiva de la plantación:

Al inicio de las mediciones la edad de la plantación era de 9 años y 4 meses, con una densidad media de 580 plantas por hectárea.

A continuación se presenta el análisis de las distintas variables medidas en la plantación durante el ensayo.

El diámetro a la altura de pecho (DAP) y la altura (Tablas 1 y 2) tuvieron un mayor aumento entre la 1^{era} y 2^{da} medición que entre la 2^{da} y la 3^{era} medición. Esta diferencia se debe a que el período comprendido entre las dos primeras mediciones coincide con el periodo primavera-verano, época en la cual el árbol posee la mayor cantidad de área fotosintética y los valores de temperatura y radiación se encuentran en aumento, permitiendo que se produzcan altas tasas de crecimiento. En cambio, durante el período transcurrido entre la segunda y tercera medición, se produce una reducción del área fotosintética a causa de la caída estacional de las hojas, y una disminución de la temperatura y la radiación característica de la época otoño-invernal. Esto provoca una menor tasa de crecimiento.

Tabla N° 1: Evolución del diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm) de la especie arbórea durante el período de estudio.

Variabes	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
DAP medio (cm)	8,61	9,4	9,72
DAP mínimo (cm)	6,5	7,62	8,0
DAP máximo (cm)	11,47	12,32	12,59
DS DAP (cm)	1,5	1,43	1,4
CV DAP (%)	17,43	15,21	14,44

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Tabla N° 2: Evolución de la altura (m) de la especie arbórea durante el período de estudio.

VARIABLES	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
Altura media (m)	8,42	9,23	9,71
Altura mínima (m)	6,58	7,75	7,83
Altura máxima(m)	9,83	10,83	10,92
DS altura (m)	0,9	0,87	0,93
CV altura (%)	10,74	9,41	9,61

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Los valores de los coeficientes de variación del DAP fueron mayores en comparación con los de la altura. Esto se debe a que el DAP tiene una mayor dependencia de factores como la densidad y otros manejos silvícolas en comparación con la altura, que depende principalmente de la calidad del sitio (Fiandino *et al.*, 2018). Durante la realización del ensayo, se observaron a campo variaciones en la densidad real de cada parcela debido principalmente a fallas en la implantación y pérdida de ejemplares producida en años anteriores por adversidades climáticas tales como viento y granizo. Esto explica la elevada variación del DAP en comparación con la altura.

El Área Basimétrica (AB) por árbol y Área Basimétrica (AB) por hectárea tuvieron mayores incrementos en el período comprendido entre la primera y segunda medición en comparación con el periodo entre la segunda y tercera medición (Tablas 3 y 4). Este comportamiento se debe a la relación directa de estas variables con el DAP (cuyo comportamiento fue similar).

Los coeficientes de variación presentan valores elevados explicados por la variación existente en el DAP de los árboles. A su vez se observa una mayor variación en el AB por hectárea; esto se debe a que, además de la variación existente en el AB por árbol, se incluye la variación de la densidad presentes en las parcelas.

Tabla N° 3: Evolución del Área Basimétrica (AB) por árbol (m²) durante el período de estudio.

Variabes	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
AB media por árbol (m ²)	0,00598	0,00709	0,00756
AB mínima por árbol (m ²)	0,00332	0,00456	0,00502
AB máxima por árbol (m ²)	0,0103	0,0119	0,0125
DS AB por árbol (m ²)	0,00209	0,0022	0,00224
CV AB por árbol (%)	35,1	31,17	29,66

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Tabla N° 4: Evolución del Área Basimétrica (AB) por hectárea (m²/ha).

Variabes	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
AB media (m ² /ha)	3,53	4,17	4,44
AB mínimo (m ² /ha)	1,74	2,27	2,46
AB máximo (m ² /ha)	6,22	7,19	7,51
DS AB (m ² /ha)	1,41	1,5	1,53
CV AB (%)	39,85	35,97	34,52

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Los incrementos observados en el volumen por árbol y volumen por hectárea (Tabla 5 y 6) siguieron la misma tendencia observada en las otras variables analizadas anteriormente. Este comportamiento es esperado considerando que el volumen depende tanto del diámetro como de la altura.

El volumen real por hectárea posee elevados coeficientes de variación, que se explican por las variaciones en el volumen real promedio por árbol (Tabla 5) y en la variación de densidad real de cada parcela.

Tabla N° 5: Evolución del volumen real medio por árbol ($m^3/\text{árbol}$).

Variables	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
Volumen real medio por árbol ($m^3/\text{árbol}$)	0,0259	0,0334	0,0374
Volumen real mínimo por árbol ($m^3/\text{árbol}$)	0,0126	0,0191	0,0216
Volumen real máximo por árbol ($m^3/\text{árbol}$)	0,0508	0,0596	0,0669
DS volumen real medio por árbol ($m^3/\text{árbol}$)	0,0116	0,0131	0,0141
CV Volumen real por árbol (%)	44,66	39,17	37,78

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Tabla N° 6: Evolución del volumen real medio por hectárea (m^3/ha) e incremento medio anual ($m^3/\text{ha/año}$).

Variables	1 ^{era} medición	2 ^{da} medición	3 ^{ra} medición
Volumen real medio por hectárea (m^3/ha)	15,36	19,75	22,12
Volumen real mínimo por hectárea (m^3/ha)	5,73	8,78	9,64
Volumen real máximo por hectárea (m^3/ha)	30,6	35,94	40,34
DS volumen real por hectárea (m^3/ha)	7,49	8,63	9,34
CV volumen real en ha (%)	48,73	43,68	42,21
Incremento medio anual ($m^3/\text{hectárea/año}$)	1,65	2,04	2,16
DS incremento medio (m^3/ha)	0,8	0,89	0,91

Referencia: DS = Desvío estándar CV = Coeficiente de variación

Evaluación del incremento anual:

El crecimiento de los árboles es producto de la acción encontrada entre el anabolismo (fotosíntesis) y el catabolismo (respiración). Las plantas crecen cuando la formación sobrepasa la degradación; y el crecimiento se detiene cuando se equilibran ambos procesos (Bertalanffy,

1976, Ortega, 2001). Dicho crecimiento, está influenciado por diversos factores ambientales, como la intensidad de la luz, temperatura, concentración de CO₂, viento, nubosidad, suministro de agua y condiciones del suelo (Taiz & Zeiger, 1991; Baker *et al.*, 2003). Incluso las variaciones interanuales en el clima pueden llegar a explicar parcialmente las tasas de crecimiento de los árboles (Clark y Clark, 1994).

El crecimiento de una leñosa puede evaluarse mediante el incremento corriente anual de volumen de madera (IA), que se define como el crecimiento ocurrido entre el inicio y el final de la estación de crecimiento, en un periodo de 12 meses, o entre dos años consecutivos (Carpi, 2009). El incremento anual promedio de volumen de madera por hectárea fue significativamente mayor en el sitio de alta calidad y calidad intermedia respecto al sitio de calidad baja (Gráfico 1).

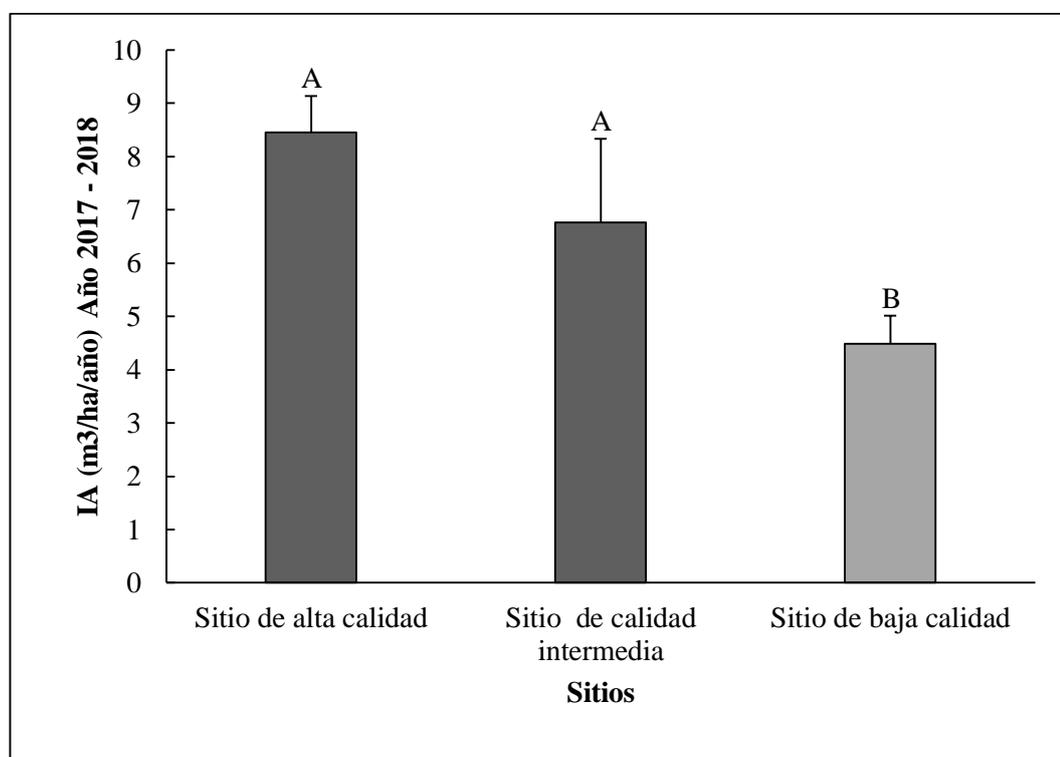


Gráfico N° 1: Incremento corriente anual (IA) de volumen de madera (m³/ha/año) durante el período 2017 - 2018 en cada sitio de la plantación de álamos. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

El crecimiento de los árboles está determinado por la interacción genotipo - ambiente. La forestación está compuesta por clones de un único genotipo (*Populus x canadensis*), por lo que las diferencias del crecimiento observadas se deben a la respuesta ejercidas por diferentes ambientes (diferentes sitios) sobre este genotipo. El sitio de baja calidad, ha sido categorizado

de esa forma por tener una menor producción de madera, esto quiere decir, que el ambiente ha sido limitante del crecimiento de los árboles desde la implantación.

Considerando que hay un solo genotipo y prácticamente ausencia de diferencias en las condiciones climáticas entre los diferentes sectores de la plantación (ocupa unas pocas hectáreas), la limitante del sitio puede explicarse principalmente por la topografía del terreno. En la región del estudio, la posición del sitio en relación a la pendiente, determina que se establezcan zonas donde se produce una mayor recepción y acumulación del agua, zonas intermedias entre recepción y emisión y micro sitios de mayor emisión de agua, donde la acumulación del recurso hídrico es menor. Esta distribución del agua incide en la producción de biomasa de las especies vegetales. Se asume que en los lugares de mayor acumulación de agua, el crecimiento se incrementa debido a la mayor disponibilidad hídrica; y a medida que disminuye el recurso hídrico en el suelo por la variación según la posición en el relieve, la producción de biomasa también sea menor.

En un ensayo de crecimiento de cinco especies forestales en un campo cercano a la localidad de Valdés, centro norte de la provincia de Buenos Aires, se observó que la posición del relieve tuvo un efecto significativo sobre la altura media y el DAP de los árboles. La posición de media loma fue la que mayor crecimiento presentó para todas las especies estudiadas. En la posición de loma, en general se produce un déficit hídrico en el verano que afecta a las plantas en su período de mayor crecimiento, y en la posición de bajo se presentaron anegamientos temporarios que influyeron negativamente sobre el crecimiento (Ferrere *et al.*, 2017). El ensayo de la localidad de Valdés, muestra claramente la diferencia de crecimiento de las especies forestales según la posición en el micro-relieve. A diferencia de lo que se podría esperar en esta región, la posición del bajo en ese ensayo fue la posición donde las especies presentaron menor crecimiento. Esto se debió a situaciones de anegamientos temporarios. Las precipitaciones que se producen en la localidad de Valdés se corresponden con valores mayores en comparación con los valores que presenta esta región (precipitación media de 1060 mm según serie histórica 1961 - 2009). Esto podría ser la causa de los anegamientos temporarios producidos.

Además de considerar la influencia del sitio, los árboles de mayor tamaño crecieron más que los árboles de menor tamaño. Atalaya (2000), señaló que las variaciones en anchuras sucesivas se encontraban de manera idéntica en todos los troncos originados en un mismo tipo de sitio y en condiciones climáticas idénticas. Si se tiene en cuenta que las proporciones de crecimiento son similares en todos los árboles, el crecimiento en términos absolutos debería ser mayor en árboles más grandes que en árboles más pequeños.

Evaluación de la producción de materia seca de las especies forrajeras:

Comportamiento de las especies primavera-estivales

La producción de biomasa forrajera se analizó con relación a los diferentes sitios en la forestación (Gráfico 2), según los diferentes cultivos implantados en comparación con el espontáneo (Gráfico 3) y considerando la interacción entre cultivo y posición respecto a la copa del árbol (Gráfico 4).

El mayor rendimiento de materia seca de las especies primavera-estivales se correspondió con el sitio de calidad intermedia, mientras que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el sitio de alta y baja calidad (ambos sitios obtuvieron los valores más bajos) (Gráfico 2).

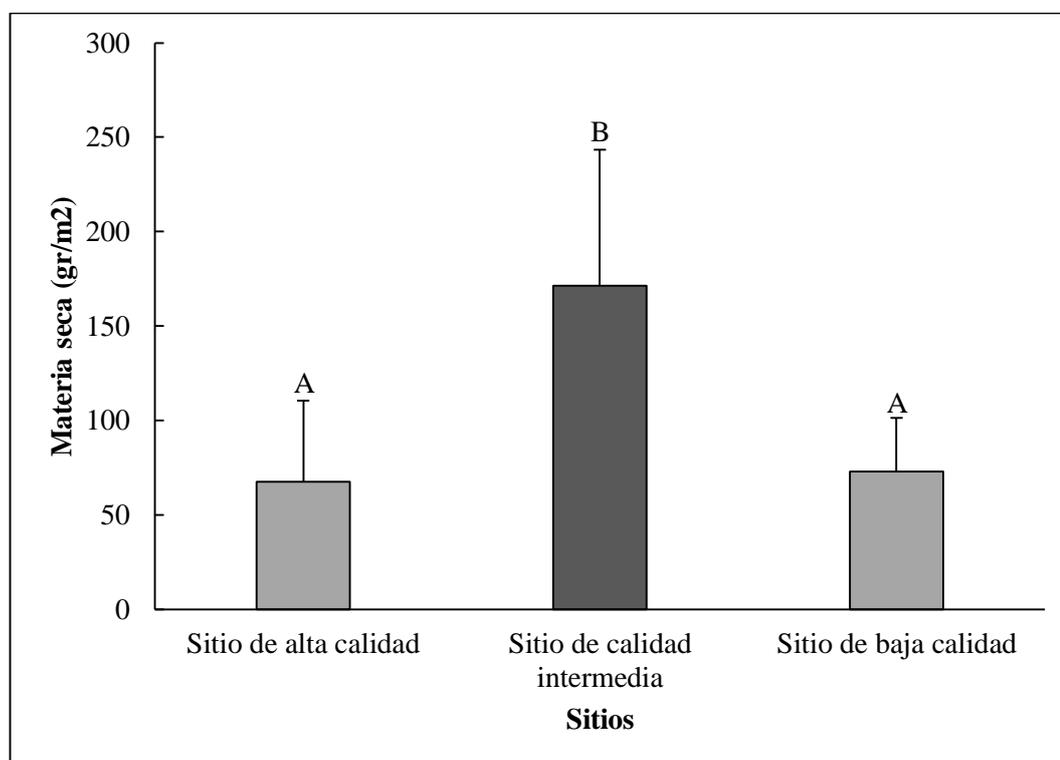


Gráfico N° 2: Producción de materia seca (gr/m²) de especies primavera-estivales con relación al sitio forestal. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

Este resultado no refleja lo esperado. En un verano donde las condiciones de precipitaciones son restrictivas (ver Anexo 1), se espera que en el sitio donde los árboles tienen mayor tamaño (sitio de alta calidad), y por lo tanto provocan una mayor sombra bajo el dosel, se produzca una mayor conservación del agua que permita a las herbáceas producir mayor

cantidad de materia seca. Sin embargo, no se presentó esta situación, posiblemente haya ocurrido lo contrario; árboles más grandes tuvieron un mayor consumo de agua que árboles de menor tamaño, y sumado al déficit de precipitaciones que se produjo en ese período, hubo una baja producción de materia seca de las pasturas. Además, en el sitio de alta calidad se observaron a campo fallas en la implantación del maíz, explicando de manera parcial la causa de un menor valor de materia seca en dicho sitio. En el caso del sitio de baja calidad, la menor producción de materia seca podría explicarse debido a que es un sitio donde hay una menor acumulación de agua por la posición que ocupa en el relieve. Sin embargo, para sacar conclusiones con un mayor grado de precisión deberían estudiarse otras variables que no fueron contempladas en esta investigación, como por ejemplo la capacidad de retención hídrica del perfil edáfico de los distintos sitios, el perfil nutricional del suelo, entre otras.

Por otra parte, cuando se analiza la materia seca producida por las pasturas involucradas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la producción de biomasa de los cultivos implantados y los cultivos espontáneos (Gráfico 3). Este mismo comportamiento se presenta cuando se analiza la producción de materia seca en la interacción cultivo y posición respecto a la copa del árbol (Gráfico 5).

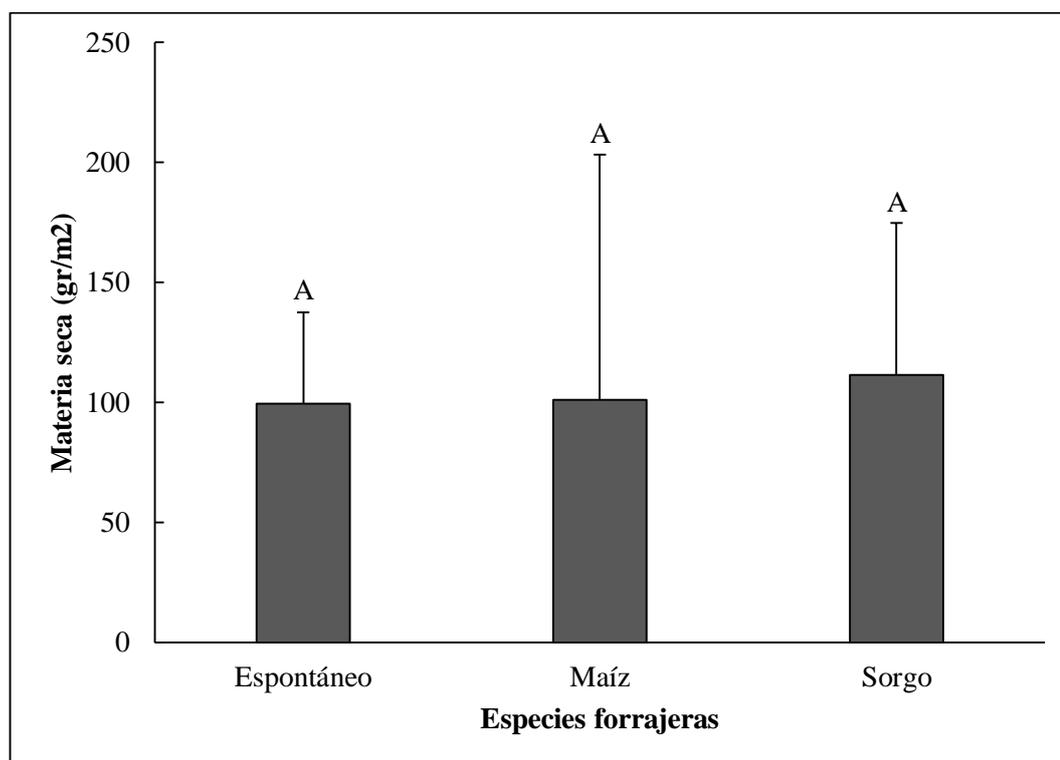


Gráfico N° 3: Producción de materia seca (gr/m²) de las especies primavera-estivales. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

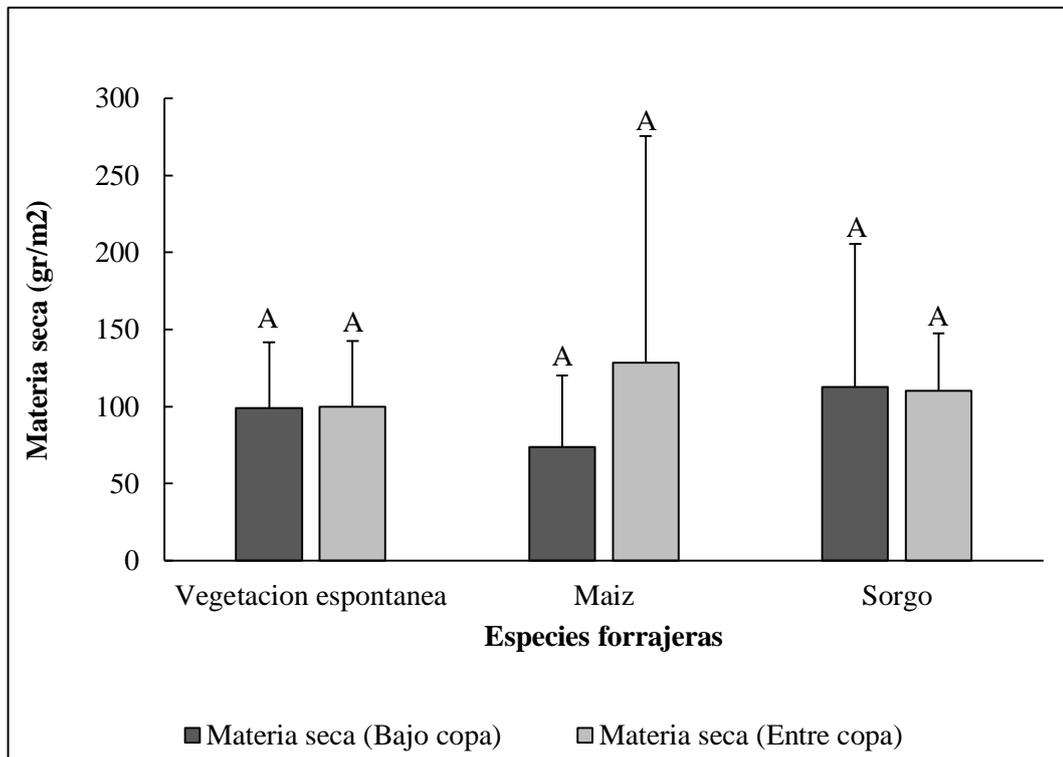


Gráfico N° 4: Producción de materia seca (gr/m^2) de las especies primavera-estivales en relación con la posición respecto al árbol. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

La producción bajo copa tuvo una media de $95,1 \pm 58,8$ gramos/ m^2 y la producción entre copa $112,7 \pm 79,7$ gramos/ m^2 .

Se puede apreciar que en una temporada primavera-verano en donde las precipitaciones se encuentran por debajo de los valores normales (ver Anexo 1), la vegetación espontánea produce lo mismo que los cultivos implantados (Gráficos 3 y 4). Esto puede deberse, a que la comunidad vegetal espontánea posee una mejor adaptación a condiciones adversas que los cultivos implantados. A diferencia de las especies cultivadas, las malezas conforman poblaciones genéticamente más heterogéneas y, por lo tanto, pueden encontrarse en una misma población individuos que difieren en sus requerimientos para germinar o en su capacidad de competir (Harper, 1977). También, es pertinente considerar, como se mencionó anteriormente, que la comunidad vegetal espontánea de primavera-verano está principalmente compuesta por sorgo de Alepo. En especies como ésta, es posible distinguir dos tipos de estrategias de invasión y perpetuación: crecimiento y brotación de rizomas (reproducción vegetativa) y producción de nuevos individuos a partir de semillas (Senmartin *et al.*, 1993). Estas estrategias permiten lograr una mayor adaptación en condiciones ambientales más desfavorable en comparación con los cultivos implantados.

Comportamiento de las especies otoño-primaverales:

La producción de materia seca de las especies otoño-primaverales se analizó en relación a los diferentes sitios identificados en la forestación (Gráfico 5), según los diferentes cultivos implantados en comparación con la vegetación espontánea (Gráfico 6), y también la producción de materia seca de cada cultivo en relación a la posición respecto del árbol (Gráfico 7).

En primer lugar, los sitios más productivos en cuanto al aporte forrajero fueron los de alta y de baja calidad, diferenciándose significativamente del sitio de calidad intermedia (Gráfico 5). Esto hace pensar que la calidad del sitio no tuvo un efecto importante en la producción de biomasa forrajera, sino más bien las condiciones particulares que ocurrieron en el sitio intermedio.

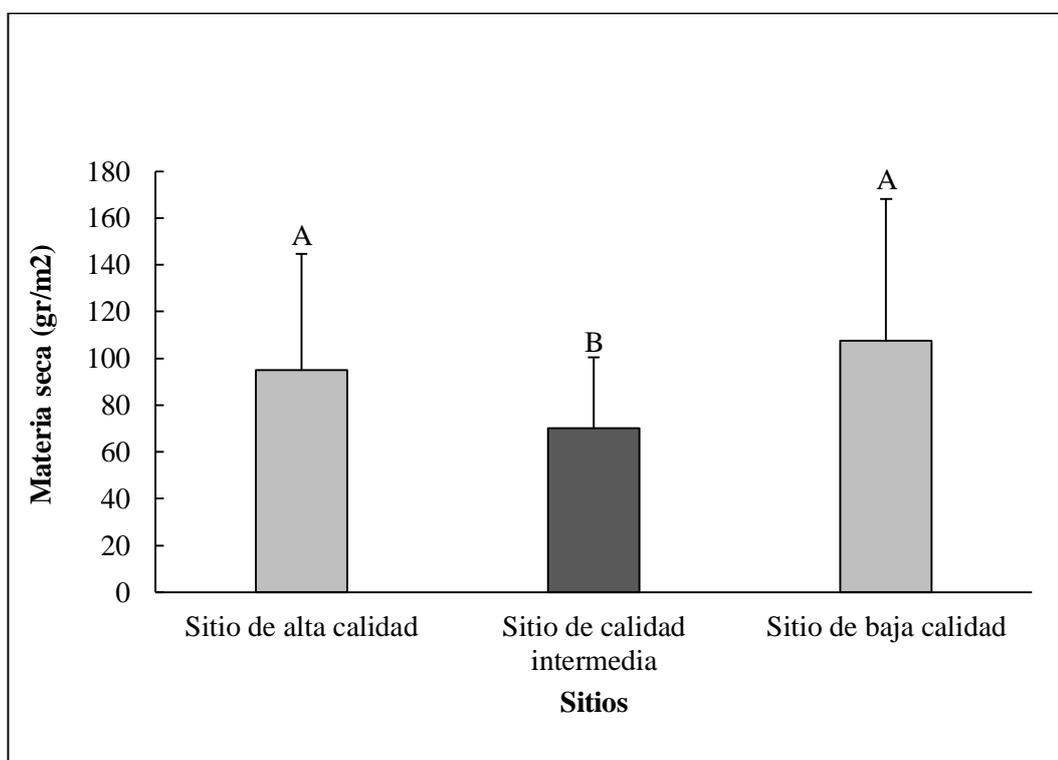


Gráfico N° 5: Producción de materia seca (gr/m²) de las especies otoño-invernales con relación al sitio forestal. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

Cuando se compara la producción de biomasa forrajera de cultivos implantados y aquella de regeneración espontánea, los primeros (avena y centeno) tuvieron una mayor producción de materia seca que la vegetación espontánea (Gráfico 6).

El trabajo de mejoramiento y selección de los fitomejoradores en la obtención de nuevos materiales utilizados como verdes de invierno, ha permitido lograr cultivares con alta capacidad de producción de forraje, resistencia a plagas y enfermedades y buen comportamiento ante heladas (Amigone *et al* 2010). Desde hace aproximadamente 50 años, el mejoramiento de avena (*Avena sativa* y *Avena bizantina*), cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) y centeno (*Secale cereale*), realizado por el Programa de Mejoramiento de Cereales Forrajeros, ha tenido y tiene como objetivo histórico generar materiales doble propósito (producción de pasto y grano) con excelente adaptación a las condiciones agroclimáticas de la zona semiárida. (Moreira *et al* 2014). Además, hay que considerar que durante esta época del año, la producción de las pasturas perennes está limitada, por las bajas temperaturas y la escasez de humedad, situación que puede remediarse con la inclusión de verdes estacionales. Entre los cultivos forrajeros con mejores posibilidades para adecuarse a estas condiciones, se encuentran los cereales de invierno, siendo la avena y el centeno las especies de mayor importancia teniendo en cuenta su difusión y el panorama varietal que presentan. (Amigone, 2004).

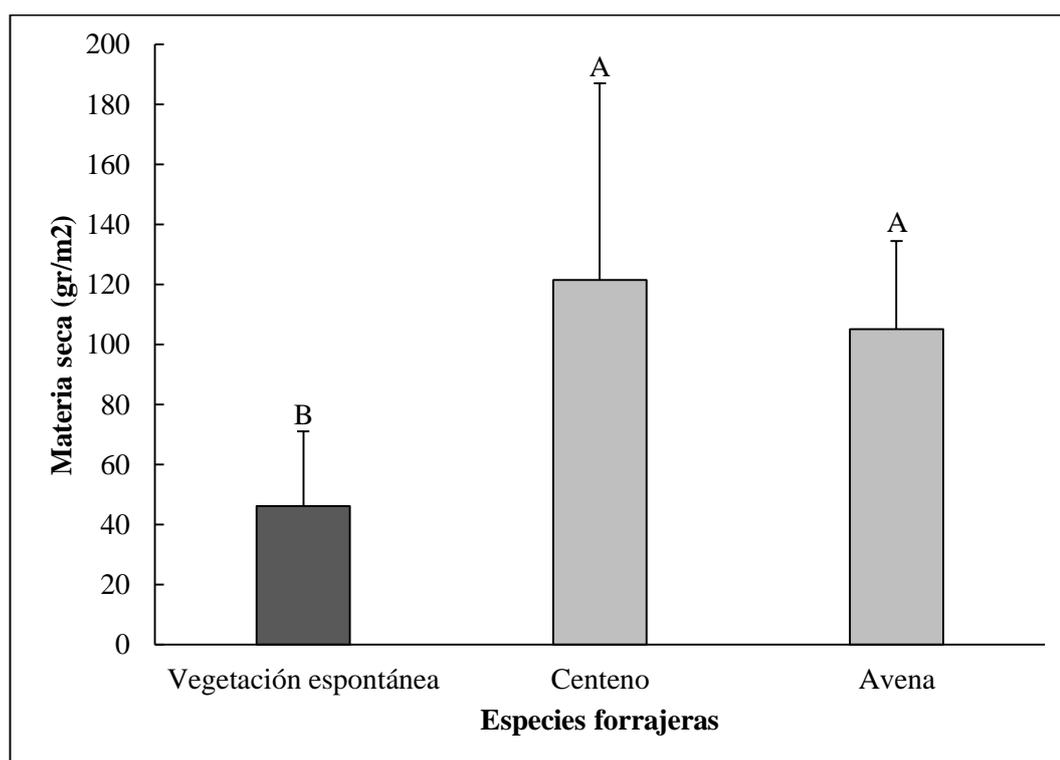


Gráfico N° 6: Producción de materia seca (gr/m²) de especies otoño-primaverales. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

Cuando se analiza el rendimiento forrajero de las especies con relación a la posición del árbol, se observó que no hubo diferencias significativas entre las especies en la posición ‘bajo copa’. A su vez, en esta posición, la vegetación espontánea presenta un mayor valor de

producción en esa condición pero sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas (Gráfico 7)

Tanto para avena como para centeno se observó una tendencia a alcanzar rendimientos superiores en la posición “entre copa”. En esta posición la competencia leñosa-herbácea es menor, lo que le permitiría a las especies forrajeras captar mayor cantidad de recursos. En la posición entre copa las pasturas implantadas expresaron mejor su potencial genético (especies mejoradas) y produjeron más biomasa que la vegetación espontánea. (Gráfico 7).

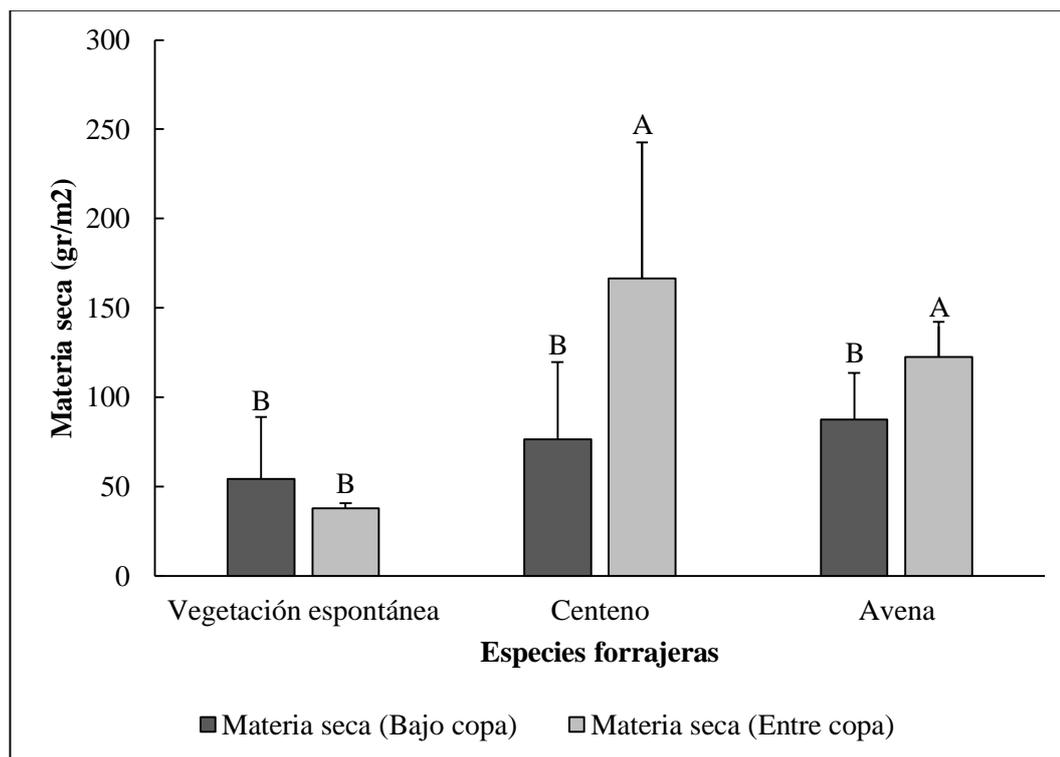


Gráfico N° 7: Producción de materia seca (gr/m²) de las especies otoño - primaverales con relación a la posición respecto al árbol. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas según test DGC.

Producción de biomasa total de los sistemas

En el SSP, las interacciones que se producen entre los componentes vegetales son directas, a partir de la competencia por el uso de los principales recursos: luz, agua y nutrientes; o indirectas, cuando un componente afecta las condiciones ambientales que condicionan la utilización de los recursos por otro componente (Callaway y Walker 1997).

La competencia por luz, es el principal factor que determina la producción de forrajeras en sistemas silvopastoriles. Dado que el sombreado de las pasturas aumenta a medida que

crecen los árboles, la planificación del manejo silvopastoril debe basarse en modelos que predigan el crecimiento forestal y la manera en que éste afecta la incidencia de la luz bajo el dosel (Carranza y Ledesma, 2009). La producción de forraje se ha relacionado con el Índice de Área Foliar (IAF) de los árboles (Rozados *et al.*, 2007). En regiones templadas, muchos autores, y para diferentes especies, encuentran que el límite para la producción de forraje ronda el 70% de interceptación de la radiación (Mead, 2009; Mc. Elwee y Knowles, 2000; Knowles *et al.*, 1999; Fernández *et al.*, 2000). El efecto neto sobre la producción forrajera, dependerá del grado de sombreado, de las especies involucradas y de la respuesta de las especies a la variación combinada de radiación y otros factores ambientales.

El efecto de la competencia puede visualizarse en la diferencia entre la producción de biomasa herbácea en el SSP en comparación con el testigo (Tabla 7). Esta es la causa de la diferencia existente en la producción de biomasa total en ambos sistemas. Considerando la producción de biomasa del SSP anualizada, el 55,7% de la biomasa generada en dicho sistema durante el periodo bajo estudio se corresponde con la producción de madera, mientras que del total de la biomasa producida en el sistema, 44,2% pertenece a las herbáceas implantadas.

Tabla N° 7: Producción de biomasa total de los distintos componentes del sistema.

Sistemas	Materia seca de herbáceas implantadas (kg/ha)	Producción de madera seca al finalizar el ciclo de la especie herbácea (kg/ha)**	Producción de materia seca anualizada de leñosas y herbáceas implantadas (kg/ha)
Especies primavera - estivales (SSP)*	1.062,05	1.752	4.844,85
Especies otoño - primaverales (SSP)*	1.081,8	948	
Testigo primavera - estival	3.195,1	0	7.183,3
Testigo otoño - primaveral	3.988,2	0	

* (SSP): Especies forrajeras que se encuentran dentro de la plantación.

** La producción de madera fue calculada considerando el incremento de volumen real de madera correspondiente a cada período y la densidad de la madera seca de álamo. El valor utilizado es de 400 kg/m³ (INTI, 2003).

La fracción de luz que incide sobre el sotobosque depende de la radiación reflejada y transmitida por el canopy de los árboles (Monteith y Unsworth, 1990).

Pincemin *et al.*, (2007) encontraron diferencias en la calidad y cantidad de luz que llegaba al estrato herbáceo en un SSP bajo álamos, afectando la productividad y la estructura de las gramíneas lo que provocaba un comportamiento diferencial de los pastos dentro y fuera de la plantación. Esta situación se observó principalmente en el caso de las especies otoño-primaverales. Las precipitaciones durante el periodo de crecimiento de las mismas fueron favorable, por lo tanto, la reducción en la materia seca producida por las especies ubicadas dentro de la forestación, con respecto a las pasturas en la situación testigo, puede haberse debido a la reducción en la cantidad de luz que llegaba al estrato herbáceo. Las épocas de mayor crecimiento de las forrajeras otoño-primaverales se dieron en periodos cuando el árbol conservaba aún las hojas, y este sombreado habría disminuido la producción de materia seca.

Por otra parte, a medida que disminuye la densidad arbórea en los SSP de álamos en plantaciones uniformes se modifica favorablemente el flujo y la captación de energía radiante en los estratos inferiores, incrementándose la producción de materia seca del pastizal asociado (Acciaresi *et al.*, 1994). El efecto neto sobre la producción forrajera dependerá del grado de sombreado, de las especies involucradas y de la respuesta de tales especies a la variación combinada de la radiación y otros factores ambientales; el sombreado afecta además la calidad del forraje, la reproducción y la composición del pastizal (Carranza y Ledesma, 2009).

La disponibilidad de nutrientes y agua del suelo para los componentes arbóreos y no arbóreos del sistema dependerá de la profundidad de exploración de las raíces. En ciertos SSP existe competencia por el agua del suelo entre árboles y pastos debido a una superposición de las raíces en los primeros centímetros del suelo (Dulormne *et al.*, 2004). Contrariamente, existen casos donde los árboles poseen su sistema radical en niveles más profundos del suelo, minimizando la competencia e incrementando el uso total de los recursos del suelo (Schroth, 1999). Durante la preparación de las micro-parcelas, se observaron raíces de álamos a poco centímetros de la superficie del suelo, es decir, que existió una superposición de raíces entre el estrato arbóreo y herbáceo y, por lo tanto, competencia entre ellos. Las especies primavero-estivales fueron las más perjudicadas en la competencia por agua debido a que, además de encontrarse vegetando en el período donde mayor evapotranspiración se produce, hubo una fuerte restricción en las precipitaciones principalmente en los meses de enero, febrero y marzo.

Análisis de la receptividad ganadera y producción potencial de terneros

La cantidad de kilogramos de carne producidos por hectárea por año es mayor en los cultivos implantados respecto a los espontáneos considerando el sistema silvopastoril. Los testigos presentan valores de producción de carne muy elevados respecto a los otros ensayos. Esta diferencia está determinada principalmente por las diferencia de producción de materia seca de cada cultivo y de cada ensayo (SSP y testigos) explicadas con anterioridad. (Tabla 8).

Tabla N° 8: Receptividad de los distintos sistemas, producción potencial anual de terneros por año y kilogramos de carne producida por año.

<i>Cultivos</i>	<i>Mat. seca (kg/ha)</i>	<i>Mat. Seca efectiva (kg/ha)(*)</i>	<i>Raciones totales/ciclo de cultivo (**)</i>	<i>Receptividad (ev/ha)</i>	<i>Terneros/año (***)</i>	<i>Kgs de carne/ año/ha (****)</i>
<i>Implantado P-V</i>	1062,05	637,23	75,19	0,47	0,33	49,43
<i>Implantado O-I</i>	1081,8	649,08	91,46			
<i>Espontáneo P-V</i>	993,8	596,28	71,40	0,33	0,23	35,01
<i>Espontáneo O-I</i>	563,4	338,04	40,29			
<i>Testigos P-V</i>	1917,06	1917,06	226	1,59	1,11	167,10
<i>Testigos O-I</i>	2392,92	2392,92	337			

(*) *Mat. Seca efectiva:* fue calculada considerando una eficiencia de consumo del 60% Fiandino (2019).

(**) *Raciones totales/ciclo de cultivo:* se calcularon considerando un valor de 18,54 Mcal EM/ kg de materia seca (Bavera, 2006).

(***) *Terneros/año:* se consideró un porcentaje de destete del 70%. MPyT (2018).

(****) *kg de carne/año:* se consideró que se destetan terneros con 150 kilogramos.

CONCLUSIONES

El inventario forestal mostró una gran variación en el diámetro de los árboles que repercute en el volumen individual por árbol y, en consecuencia, en el volumen de madera por superficie. Esto se constata con la observación a campo de la plantación.

El incremento anual medio de volumen real de madera fue mayor en los árboles que poseen mayor tamaño y se encuentran en sitios de alta calidad y calidad intermedia en comparación con árboles más pequeños ubicados en sitios de menor calidad.

Teniendo en cuenta la producción de materia seca de la vegetación herbácea en relación al sitio, el resultado obtenido no se corresponde con el esperado, posiblemente porque la variación de factores edáficos, topográficos y climáticos (que definen la calidad del sitio) en una plantación pequeña como la estudiada (12 ha) no sea suficientemente relevante como para explicar ese fenómeno.

La vegetación espontánea de primavera-verano mostró producciones de materia seca similares a los cultivos implantados (*Zea mays* y *Sorghum sudanense*). Esto se debió a fallas en la implantación en algunas micro-parcelas, y una fuerte reducción de la producción de materia seca debido al déficit hídrico que se produjo en los meses de enero, febrero y marzo principalmente.

Las especies otoño-primaverales crecieron en un período del año donde las precipitaciones estuvieron por encima de la precipitación normal (abril, mayo, septiembre y octubre) lo que permitió una mayor producción de las especies cultivadas en comparación con la comunidad espontánea que vegeta en este mismo período.

La producción de las pasturas de los testigos superó ampliamente a la producción de las pasturas que crecieron bajo el dosel de una plantación que se encuentra en una edad avanzada de la rotación forestal. Esto explica los diferentes valores de receptividad de cada sistema, siendo de 0,33 ev/ha para el espontáneo, 0,47 ev/ha para el implantado y 1,59 ev/ha para la situación testigo.

Considerando la productividad del sistema medido en receptividad ganadera, el testigo sin árboles, es el de mayor productividad. Teniendo en cuenta los sistemas analizados en la plantación (pasturas implantadas y pasturas espontáneas), la mejora del recurso forrajero con la implantación de pasturas permite mejorar el índice de receptividad. Se constituye como una estrategia adecuada para aumentar la producción de materia seca. Sin embargo, es necesario el estudio de otras variables no relacionadas a lo productivo (económicas, sociales, ambientales) para determinar si es conveniente realizar una implantación de pasturas para establecer el sistema silvopastoril en una plantación de edad avanzada en la rotación.

Por otra parte, el aprovechamiento mediante pastoreo de la vegetación espontánea, a pesar de presentar el valor de biomasa forrajera más bajo del ensayo, permitiría obtener en términos medios 35 kg de carne/año, generando ingresos durante el ciclo forestal y además disminuir los costos de control de biomasa herbácea que actualmente se realizan en la plantación. Es pertinente, como se mencionó antes, considerar otras variables no evaluadas en la investigación para establecer la conveniencia de utilizar la comunidad espontánea que vegeta bajo el dosel de álamos para la producción de carne.

BIBLIOGRAFÍA

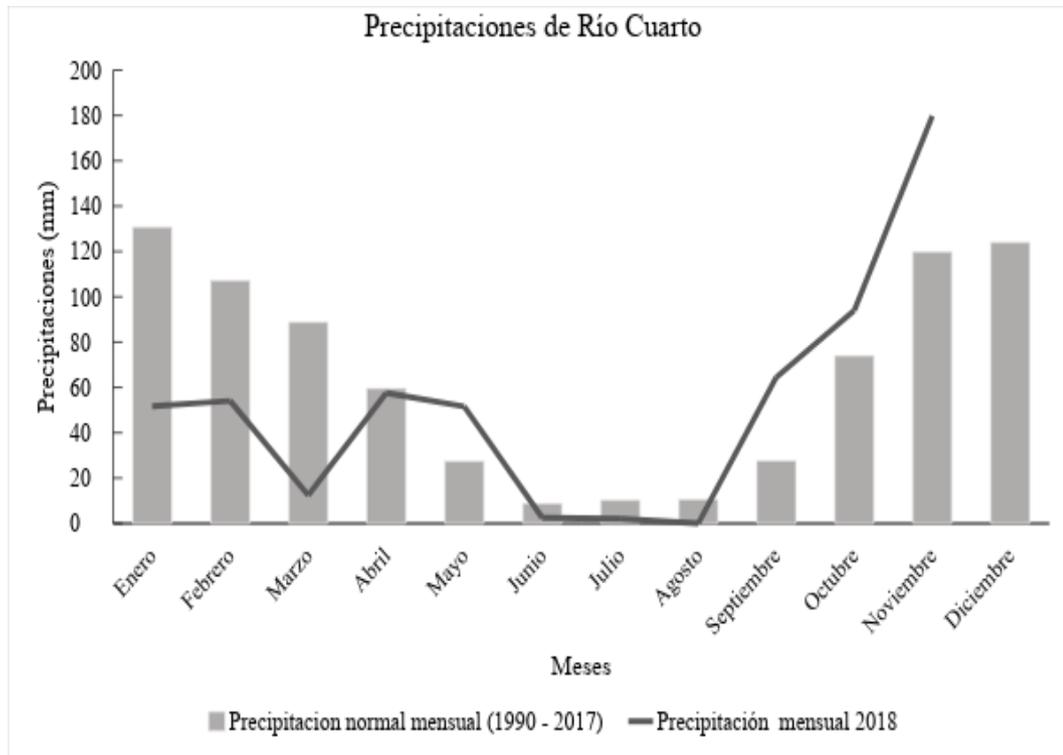
- ALVARADO, A. y B. HERRERA. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. En: https://www.researchgate.net/profile/Bernal_HerreraF/publication/308202459_Calidad_de_sitio_y_factores_ambientales_en_bosques_de_Centro_America/links/57dd7e2408ae4e6f1849a916/Calidad-de-sitio-y-factores-ambientales-en-bosques-de-Centro-America.pdf.
- AMIGONE, M.A., BERTRAM, N., CONDE, M.B., CHIACCHIERA, S., KLOSTER, A. y B. MASIERO. 2010. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. Información de Extensión N° 133. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. Argentina.
- AMIGONE, M.A. 2004. Verdeos de Inviernos. Sugerencias para la correcta elección de cultivares, implantación y aprovechamiento. Estaciones experimental INTA - Marcos Juarez. Argentina.
- ATENCIA, M.E. 2003. Densidad de maderas (kg/m³). Informe del INTI - CITEMA. En: https://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf.
- BAHAMONDE, H.A., PERI, P.L., ÁLVAREZ, R. y A.J. BARNEIX. 2012. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. En: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/16335>. Argentina.
- BAVERA, G.A. 2006. Equivalencias ganaderas. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/70-equivalencias_ganaderas.pdf.
- BRASSIOLO, M. M., GÓMEZ, C.A., KEES, S.M. y J.G MERLETTI. 2018. Efectos de la corta sobre el crecimiento de un boque alto del chaco húmedo. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_efectos_de_la_corta_sobre_el_crecimiento_de_un_bosque_alto_del_chaco_-res-.pdf.
- CASAUBON, E.A. 2013. Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles: Efecto de la edad del material de multiplicación y manejo del pastoreo con bovinos. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. 98 p.
- CARRANZA, C.A. y M. LEDESMA. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. En: <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultura/ManejoSistemasSilvopastoriles.pdf>.

- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G, GONZALEZ L., TABLADA, M. y C.W. ROBLEDO. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>.
- DE FINA A.L. y A. RAVELO. 1973. Climatología y fenología agrícola. Editorial universitaria de Buenos Aires. EUDEBA. Buenos Aires.
- GARCIA AGUILAR, J.A., ENRIQUEZ DEL VALLE, J.R, RODRIGUEZ ORTIZ, G., y V.A VELASCO VELASCO. 2017. Influencia de la calidad del sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula*. En: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v8n44/2007-1132-remcf-8-44-00132.pdf>. Revista Mexicana de Ciencias forestales.
- FERRERE, P., SIGNORELLI, A. y C. MATEO. 2017. Crecimiento de especies forestales en el centro norte de la provincia de Buenos Aires. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/crecimiento_de_especies_forestales_en_el_centro_norte_de_la_provincia_de_buenos_aires.pdf.
- FIANDINO, S.I., PLEVICH, J.O, TARICO, J., UTELLO, M. y J. GYENGE. 2016. Sistemas mixtos en las Sierras de Comechingones: producción de biomasa de los componentes herbáceos y leñosos en sistemas silvopastoriles. XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Posadas - Misiones, Argentina.
- FIANDINO, S.I. y J.O PLEVICH. 2014. Ajuste de funciones de crecimiento para *Pinus Elliotti Engelm* del bosque comunal de la localidad de San Basilio, Córdoba, Argentina. XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - Silvicultura.
- FERNANDEZ, H.H. 2010. Tabla de composición de alimentos para rumiantes. En: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/46-Tabla.pdf. EEA INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. Sitio Argentino de producción animal.
- FAO. 2019. Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Roma, Italia.
- GIMÉNEZ, F., LABARTHE, F., LÓPEZ, J.R., MAYO, A., MOREYRA, F., KRUGER, H., ORTELLADO, M.R. y E. TRANIER. 2014. Verdeos de invierno: utilización de verdeos de invierno en planteos ganaderos del sudoeste bonaerense. 1era edición. Ediciones INTA. Bordenave, Buenos Aires, Argentina.
- MPyT. (2018). Resultados Económicos Ganaderos. Informe trimestral N°27 / Diciembre 2018. Secretaria de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo. En: http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/bovinos/modelos/resultados/_archivos//000001_Bolet%C3%ADn%20trimestral/0000002018/000000_Bolet%C3%ADn%20N%C2%BA%2028%20DICIEMBRE%202018.pdf.

- MONTEOLIVA, S. y G. SENISTERRA. 2008. Efecto del sitio, el origen y el clon sobre el crecimiento y propiedades de la madera de Populus. En: https://www.researchgate.net/profile/Silvia_Monteoliva/publication/28251922_Efecto_del_sitio_el_origen_y_el_clon_sobre_el_crecimiento_y_propiedades_de_la_madera_de_Populus/links/00463530c8f75b818d000000/Efecto-del-sitio-el-origen-y-el-clon-sobre-el-crecimiento-y-propiedades-de-la-madera-de-Populus.pdf. *Revista de Investigación Agraria, Sistema y Recursos Forestales*, 17(3), 261-270. Argentina.
- MONTEOLIVA S. y R. MARLATS. 2007. Efecto del sitio, clon y edad sobre el crecimiento y la calidad de madera en sauces de corta rotación. En: [http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/015-024-\(11305\)-Efecto_1175077311671.pdf](http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/015-024-(11305)-Efecto_1175077311671.pdf). *Revista Investigación Agraria, Sistema y Recursos Forestales*, 16(1), 15-24. Argentina.
- LUC CERINI, S., SUBOVSKY, E. y E. BORODOWSKI. 2009. Sistemas Silvopastoriles: una alternativa productiva para nuestro país. En: https://www.agro.uba.ar/apuntes/no_8/sistemas.htm.
- PANIGATTI J.L. (2010). 200 años, 200 suelos, Suelo - Ciencia del suelo - Perfil del suelo - Clasificación de suelos. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- PEZO, D., M. IBRAHIM, 1999. Sistemas silvopastoriles. Colección módulos de enseñanza agroforestal N° 22^{da} edición. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 275 p.
- PERRY, T.W. y M. J. CECAVA. 1995. Beef cattle feeding and nutrition. Ed. Academy Press. 389 p.
- PINCEMIN, J.M., MONLEZUN, S.J., ZUNINO, H., CORNAGLIA, P.S. y E. BORODOWSKI. 2007. Sistemas Silvopastoriles en el Delta del Río Paraná: Producción de materia seca y estructura de gramíneas templadas bajo álamos. *Sitio Argentino de Producción Animal* En: http://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/82-Pincemin-silvopastoril.pdf.
- SERVENTI, N. 2012. Maderas de calidad y forrajes para engorde. En: http://www.rionegro.com.ar/pulso/maderas-de-calidad-y-forraje-para-engorde-KGRN_975708.
- THOMAS E., CANCIO H., BOETTO C. y G. CABALLÉ. 2016. Valor nutricional de pasto ovillo y trébol blanco en sistemas silvopastoriles con álamos y sauces. *V Jornadas Forestales Patagónicas - III Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. Esquel - Chubut, Argentina.

ANEXOS

Anexo N° 1: Precipitaciones normales mensuales (1990 – 2017) y precipitaciones medias mensuales del año 2018.



Anexo N° 2: Inventario forestal de *Populus x canadensis*.

Medición	Parcela	Diámetro (m)	Altura	Árboles por parcela	Porcentaje de fallas	Densidad real (pl/ha)	AB por árbol (m ²)	AB/ha (m ² /ha)	Vol ap/árbol (m ³)	Vol ap/ha (m ³)	Vol real/árbol (m ³)	Vol real/ha (m ³)
1	1	0,0853	8,08	26/28	0,93	580	0,00572	3,31993	0,0462	26,84	0,0231	13,42
1	2	0,0836	8,63	26/28	0,93	580	0,00549	3,18512	0,0473	27,47	0,0237	13,74
1	3	0,0953	8,42	28/28	1,00	625	0,00713	4,45601	0,0600	37,50	0,0300	18,75
1	4	0,1054	9,17	28/28	1,00	625	0,00872	5,45265	0,0800	49,98	0,0400	24,99
1	5	0,0650	7,58	24/28	0,86	536	0,00332	1,77702	0,0252	13,48	0,0126	6,74
1	6	0,0872	8,42	27/28	0,96	603	0,00597	3,59770	0,0502	30,28	0,0251	15,14
1	7	0,0844	8,42	27/28	0,96	603	0,00559	3,37173	0,0471	28,38	0,0235	14,19
1	8	0,0761	8,42	27/28	0,96	603	0,00454	2,73865	0,0382	23,05	0,0191	11,53
1	9	0,0965	9,75	27/28	0,96	603	0,00731	4,40420	0,0713	42,94	0,0356	21,47
1	10	0,0705	6,58	20/28	0,71	446	0,00390	1,74218	0,0257	11,47	0,0128	5,73
1	11	0,1147	9,83	27/28	0,96	603	0,01033	6,22452	0,1016	61,21	0,0508	30,60
1	12	0,0690	7,75	25/28	0,89	558	0,00373	2,08415	0,0289	16,15	0,0145	8,08
2	1	0,0926	9,33	26/28	0,93	580	0,00673	3,90775	0,0628	36,47	0,0314	18,24
2	2	0,0890	9,17	26/28	0,93	580	0,00622	3,60786	0,0570	33,07	0,0285	16,54
2	3	0,0980	8,83	28/28	1,00	625	0,00754	4,71377	0,0666	41,64	0,0333	20,82

2	4	0,1119	10,83	28/28	1,00	625	0,00983	6,14436	0,1065	66,56	0,0533	33,28
2	5	0,0762	8,42	24/29	0,86	536	0,00456	2,44487	0,0384	20,58	0,0192	10,29
2	6	0,0932	9,00	27/28	0,96	603	0,00683	4,11521	0,0615	37,04	0,0307	18,52
2	7	0,0963	9,67	27/28	0,96	603	0,00728	4,38592	0,0703	42,40	0,0352	21,20
2	8	0,0842	9,50	27/28	0,96	603	0,00557	3,35574	0,0529	31,88	0,0264	15,94
2	9	0,1059	10,08	27/28	0,96	603	0,00880	5,30519	0,0888	53,49	0,0444	26,75
2	10	0,0804	7,75	20/29	0,71	446	0,00508	2,26678	0,0394	17,57	0,0197	8,78
2	11	0,1232	10,00	27/29	0,96	603	0,01193	7,18837	0,1193	71,88	0,0596	35,94
2	12	0,0771	8,20	25/29	0,89	558	0,00466	2,60324	0,0383	21,35	0,0191	10,67
3	1	0,0958	10,08	26/28	0,93	580	0,0072	4,1843	0,0727	42,19	0,0363	21,10
3	2	0,0914	10,08	26/28	0,93	580	0,0066	3,8092	0,0662	38,41	0,0331	19,20
3	3	0,1008	9,50	28/28	1,00	625	0,0080	4,9855	0,0758	47,36	0,0379	23,68
3	4	0,1147	10,92	28/28	1,00	625	0,0103	6,4547	0,1127	70,46	0,0564	35,23
3	5	0,0800	8,67	24/30	0,86	536	0,0050	2,6914	0,0435	23,33	0,0218	11,66
3	6	0,0960	9,33	27/28	0,96	603	0,0072	4,3623	0,0676	40,71	0,0338	20,36
3	7	0,0993	9,92	27/28	0,96	603	0,0078	4,6708	0,0769	46,32	0,0384	23,16
3	8	0,0872	10,00	27/28	0,96	603	0,0060	3,6006	0,0597	36,01	0,0299	18,00
3	9	0,1097	10,67	27/28	0,96	603	0,0094	5,6949	0,1008	60,75	0,0504	30,37
3	10	0,0838	7,83	20/30	0,71	446	0,0055	2,4601	0,0432	19,27	0,0216	9,64
3	11	0,1259	10,75	27/30	0,96	603	0,0125	7,5054	0,1339	80,68	0,0669	40,34
3	12	0,0814	8,75	25/30	0,89	558	0,0052	2,9057	0,0456	25,43	0,0228	12,71

Anexo N° 3: Datos de materia seca de pasturas implantadas y vegetación espontánea primavera-estivales.

Materia seca cultivos primavera-estivales			
Sitio	Cultivo	Posición	MS (gr/m ²)
1	M	BC	21,77
1	M	EC	4,61
1	S	BC	84,43
1	S	EC	93,9
1	E	BC	104,38
1	E	EC	95,75
2	M	BC	85
2	M	EC	290,87
2	S	BC	216,21
2	S	EC	152,88
2	E	BC	138,73
2	E	EC	144,22
3	M	BC	114,48
3	M	EC	90
3	S	BC	36,88
3	S	EC	83,43
3	E	BC	54
3	E	EC	59,21
T	M	Sin	578,52
T	S	Sin	60,5

Anexo N° 4: Datos de materia seca de cultivos implantados y vegetación espontánea otoño-primaverales.

Materia seca cultivos otoño-primaverales			
Sitio	Cultivo	Posición	MS (gr/m ²)
1	Av	BC	103,75
1	Av	EC	108,88
1	Ce	BC	127,12
1	Ce	EC	158,38
1	Esp	BC	29,06
1	Esp	EC	42,49
2	Av	BC	56,56
2	Av	EC	117,56
2	Ce	BC	42,87
2	Ce	EC	59,76
2	Esp	BC	97,41
2	Esp	EC	47,48
3	Av	BC	99,26
3	Av	EC	146,56
3	Ce	BC	67,62
3	Ce	EC	209,84
3	Esp	BC	74,26
3	Esp	EC	47,34
T	Av	Sin	424,91
T	Ce	Sin	372,73