

PID 2130

## Enriquecimiento de sistemas forestales degradados del distrito Ñandubay con especies nativas leñosas

Casermeyro, José; Spahn, Estela; De Petre, Antonio; Prand, Marcelo; Ronconi, Ana Paula; Rosenberger, Javier; Martínez, María del Huerto; Apaulaza, Johana; Casermeyro, Luciano; Meza, Dardo; Müller, Andrés

AUTORES: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. (Oro Verde, Entre Ríos, Argentina)

CONTACTO: [casermei@fca.uner.edu.ar](mailto:casermei@fca.uner.edu.ar)

### Resumen

Se desarrollaron estrategias de recuperación del bosque nativo del Distrito del Ñandubay entrerriano mediante el enriquecimiento con especies leñosas nativas. El recurso forestal nativo disminuyó su potencial, biodiversidad y posibilidades de cumplir sus funciones ecosistémicas. Paralelamente se intentó recuperar el estrato herbáceo forrajero, el banco de semillas y mejorar las condiciones edáficas. Se instalaron ensayos, desarrollando actividades de investigación. Se analizó la recuperación del estrato arbóreo en distintos estados sucesionales, del banco de semillas de *Prosopis*, la respuesta a siembra directa con *Prosopis affinis*, *Prosopis nigra* var. *ragonesei* y *Prosopis chilensis*, la evolución en plantación a campo de *P. affinis*, *P. chilensis* y *Prosopis alba*. Se generaron conocimientos básicos para sistemas silvopastoriles para enriquecer los bosques degradados y áreas sin bosque, aumentar la producción ganadera y potenciar la aparición y utilización de productos forestales maderables y no maderables, diversificando la producción mediante modelos alternativos de uso sustentable de ambientes naturales.

**Palabras clave:** bosque nativo, Distrito del Ñandubay, estrategias de recuperación, especies forestales, módulos demostrativos.

### Enriching with native ligneous species a degraded forest systems in the Ñandubay district

#### Abstract

Recovery strategies were developed to enrich with native ligneous species the native forest of the Entre Ríos Ñandubay district. It was carried out due to the reduced potential, biodiversity and possibilities of the native forest resource to accomplish its ecosystem function. At the same time the forage herbaceous stratum, seed bank and edaphic conditions were also under recovery. Research activities were started including setting of assays. It was also analyzed the recovery of the herbaceous stratum in different succession states of the *Prosopis* seed bank, the answer to no till sowing with *Prosopis affinis*, *Prosopis nigra* var. *ragonesei* and *Prosopis chilensis*, and also the evolution of plantation in field of *P. affinis*, *P. chilensis* and *Prosopis alba*. Finally, basic knowledge for silvopastoral systems to enrich degraded forests or forest free areas, to increase livestock production and to potentiate the appearance and usage of wood and non wood forest products were generated diversifying production through alternative models of sustainable usage in natural environments.

**Key words:** native forest, Ñandubay District, recovery strategies, forest species, demonstrative modules.

## I. Introducción

La degradación y el deterioro creciente de los recursos naturales y del ambiente en zonas rurales llevan a una seria preocupación en el análisis económico y político de la actualidad. En este contexto, la creciente desertificación y erosión de los suelos tiene una particular importancia por su impacto en la sustentabilidad de la base económica, ambiental y social de los establecimientos productivos. Por ello, la gestión sustentable de los bosques nativos se presenta como una estrategia de desarrollo que pretende contribuir a revertir los procesos de pauperización rural y a la conservación ambiental de los recursos naturales.

Dentro de este contexto, el Distrito del Ñandubay entrerriano ha sido fuertemente fragmentado y una extensión considerable de su superficie se ha convertido en tierras de cultivo. Se encuentra principalmente en los departamentos: Feliciano, Federación, Federal, La Paz, Villaguay y Paraná. Comparaciones de la superficie de bosques nativos entre los años 1995 y 2003 estimaron una diferencia negativa de 432.582 has [1]. Los resultados del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos de la Argentina revelan que, para Entre Ríos, las áreas hoy ocupadas por bosque, corresponden a la categoría de Otras Tierras Forestales, donde la cobertura de copa es menor al 20%, y los árboles no alcanzan los 7 m de altura a la madurez, o la cobertura arbustiva es mayor al 20%. Las estimaciones son de 988.970 has para el arbustal que comprende esa formación [2].

La destrucción casi masiva de la masa forestal boscosa en el Distrito del Ñandubay tiene un fuerte impacto sobre el sistema hidrológico, perdiendo su capacidad de regulación del agua. Por otra parte, es importante tener en cuenta que los desplazamientos de la masa de agua no solo se controlan con obras de canalización, sino, y en mucho mayor medida, a través de la masa boscosa nativa y el manejo racional de los pastizales. Las áreas que poseen una estructura boscosa tienen una capacidad de retención cuatro veces mayor que aquellas que no la tienen, limitando así las escorrentías de las aguas superficiales, por lo que es de fundamental importancia recuperar la estructura y estabilidad de estos ecosistemas [3]. Por otra parte, la intensa actividad agropecuaria es una constante en este Distrito, por lo que su conservación enfrenta una situación de alto riesgo.

Los agroecosistemas del Distrito del Ñandubay enfrentan severos problemas ambientales que pueden catalogarse como crónicos y agudos. Entre los primeros, figuran la erosión, la alcalinización de los suelos, la pérdida de estructura y de materia orgánica, la pérdida de fertilidad y productividad y el ascenso de las napas freáticas. Indudablemente, el reemplazo de enormes extensiones de bosques por cultivos, y el deterioro posterior del ambiente, traen aparejado severos problemas sociales y económicos in situ, con propagación a otras zonas generando la presencia de fuertes externalidades negativas [3]. Las unidades de producción son también unidades ambientales. Numerosos atributos y procesos naturales involucran a los sistemas productivos: erosión, escurrimiento superficial de aguas, alimentación de las napas, contaminación, climatología regional, valores paisajísticos, conservación de fauna y genotipos silvestres y muchos otros [4].

Los valores de índices de sustentabilidad obtenidos de los suelos bajo el bosque son mayores bajo copa, indicando mejor percolación, mayores contenidos de MO, P asimilable, nitratos y N total y una gran capacidad para regular el pH, lo que muestra que el aporte de la cobertura arbórea mejora en gran medida los valores de las variables mencionadas y un mayor grado de sustentabilidad [5,6]. Según [7], la mayoría de los ácaros y colémbolos que se encuentran en el mantillo colonizan poco el suelo, por lo que se interpreta que, en estos bosques, los microartrópodos son un importante componente biótico de sus suelos y, por consecuencia, se constituyen en indicadores referenciales.

Los bosques nativos y los pastizales asociados a ellos están siendo aprovechados solo a un tercio de su potencialidad. Desde el punto de vista biológico, este estado de degradación se visualiza en la desaparición de especies arbóreas y herbáceas deseables, y con ellas, material genético potencialmente

útil. Estudios y experiencia anteriores sobre técnicas de manejo del bosque nativo demuestran los beneficios, en términos de productividad, rentabilidad y sostenibilidad social, que se pueden obtener con respecto a los sistemas actuales [8]. La información científica muestra claramente que los beneficios de sistemas agroforestales, con un enfoque de uso múltiple, son mayores a nivel ambiental, económico y social. Una estructura forestal mejorada con prácticas silviculturales es altamente beneficiosa frente a sistemas clásicos de producción, porque mejoran los niveles de producción y permiten estabilizar y diversificar el sistema frente a riesgos e incertidumbres [9].

La productividad en términos de madera ha disminuido sustancialmente, debido a la extracción desmedida de los mejores ejemplares y la falta de racionalidad en el manejo del mismo produjo una reducción en su renovabilidad. El sobrepastoreo o excesivas cargas animales con bovinos y ovinos impidieron la aparición de nuevas plántulas de *Prosopis* y otras especies arbóreas, lo que generó un fuerte proceso de degradación, quedando solamente las especies con estrategias de evitación que impiden su herbivoría, P.ej. *Geoffroea decorticans*, *Aspidosperma quebracho blanco*, *Trithrinax campestris*, *Acacia caven* y *Opuntia sp.*

Es fundamental tener en cuenta el rol del humus, que rige la estabilidad de los suelos Vertisoles; las investigaciones efectuadas indican claramente que su conformación estructural y permanencia es el problema principal en todos los suelos arcillosos. La elevada edad del C-14 señala que el tiempo de regeneración del humus es muy largo y por este motivo es necesario adoptar todas las medidas para su adecuada protección [10]. Dentro de las medidas de enriquecimiento forestal, la presencia y recuperación de los bosques es esencial para mejorar la salud de los suelos forestales.

En general, la mayor parte de la población rural de pequeños y medianos productores de las zonas consideradas, desarrollan estrategias de producción de corto plazo. Con ello tratan de satisfacer las necesidades básicas de subsistencia. La consecuencia inmediata es un acelerado proceso de agotamiento y deterioro de los recursos naturales, que se manifiesta físicamente en mayores niveles de deforestación, erosión del suelo y desertificación, entre las más importantes [3]. Esta degradación tiene un impacto económico que se visualiza en una persistente pérdida de ingresos debido, en gran parte, a la marcada caída en la productividad de los suelos [3].

El rol del recurso forestal nativo debería estar enmarcado en una estrategia agroforestal que consiste en la mejora del pastizal para uso ganadero, dado que el estrato arbóreo garantiza una recuperación rápida del mismo y una mejora en su cantidad y calidad. En esta estrategia se plantea el ordenamiento forestal que debe asegurar la renovación de las especies de valor maderable, no maderable y ganadero, asegurando de esta manera el mantenimiento de la biodiversidad del ecosistema [3].

En la Provincia de Entre Ríos no hay antecedentes sobre plantaciones importantes con especies nativas, a pesar del gran beneficio que prestan los árboles. Son valiosos componentes del ecosistema, actúan como protectores y estabilizantes y refugio de la fauna y animales domésticos, aportan forraje directo e indirecto, regulan el balance hídrico y ciclado de nutrientes y mejoran pastizales y praderas, lo que brinda una mayor productividad forestal y ganadera [11]. La fertilización natural bajo la copa y la mayor calidad en la estructura del suelo que dan los algarrobos, mejoran la digestibilidad y proteína de las pasturas naturales que, en algunas especies de alta calidad, alcanzan niveles del 50 y 20%, respectivamente [11].

El banco de semilla es una reserva de semillas viables y no germinadas en un lugar. La presencia de un banco de semilla permite varios efectos sobre la población de las especies y la persistencia de la comunidad. Esto produce la supervivencia de la especie en un medio ambiente alterado, la estabilidad y variabilidad genética de la población, la coexistencia de las especies así como la persistencia de las comunidades por la revegetación [12]. Aunque poco se sabe de la presencia del banco de semillas de *Prosopis*, ciertos factores permiten pensar que estas especies tienen un banco de semillas persistente en la región [13]. Los *Prosopis* de Entre Ríos viven en medios sujetos a disturbios frecuentes e impre-

decibles como fuego y fluctuaciones importantes de humedad que son característicos de un banco de semillas de tipo persistente [14]. No obstante, varios factores pueden influir sobre su presencia, incluyendo las condiciones reinantes en las etapas de floración y fructificación, de dispersión de las semillas y germinación. El éxito de la regeneración natural de un bosque deteriorado implica una cantidad abundante y viable de semillas, bajo condiciones ambientales favorables para su germinación, crecimiento y establecimiento.

La siembra directa es una técnica poco costosa y simple y consiste en hacer germinar las semillas en tierras no laboreadas. La semilla se entierra a una profundidad entre 2 y 5 cm, pudiendo optimizarse esta técnica a fin de maximizar el desarrollo y la supervivencia de las nuevas plantas [15,16]. Las mismas pueden ser el riego, la realización de un hoyo de siembra, la protección del sitio de siembra, el control de la competencia con otras plantas y pretratamientos para despertar e iniciar la germinación de las semillas [16,15,17].

El uso de especies nativas en la reforestación presenta numerosas ventajas económicas y ecológicas ya que están adaptadas al ambiente donde se desarrollan. Las semillas de árboles nativos son más accesibles a los pequeños productores, lo que evita su dependencia hacia los distribuidores y disminuye el costo de implantación. La reforestación con *Prosopis* puede realizarse con múltiples objetivos, entre los cuales están la recuperación de áreas en vías de desertificación [18], la forestación para aprovechamiento de la madera [19], reforestación de dunas, realización de cortinas arbóreas, uso en agrosistemas [19,20], y en sistemas silvopastoriles [21]. Además de las ventajas mencionadas, la reforestación, que puede ser con fines productivos, aporta los beneficios del bosque, es decir que reduce la erosión y aumenta la fertilidad del suelo [22], limita las inundaciones y se presenta como un medio para secuestrar el carbono atmosférico [23].

Otro punto a considerar en el manejo de la plantación es la flora local. Por ejemplo, en la Provincia de Entre Ríos, en el Distrito del Ñandubay se pueden encontrar varias situaciones diferentes: tierras deforestadas destinadas a la agricultura, tierras abandonadas después de uso agrícola e invadidas por malezas y arbustos; bosques de sucesión secundaria abandonados o destinados al silvopastoreo y bosques primarios aprovechados para el silvopastoreo. En cualquiera de estos casos, se trabaja en tierras donde los *Prosopis* son originarios, pero según la situación de la zona, la reforestación puede realizarse con objetivos de enriquecimiento de la biodiversidad por introducción de especies desaparecidas, reemplazo de árboles abatidos por tala selectiva o reconstrucción de la vegetación arbórea en zonas deforestadas.

En resumen, se puede decir que la reforestación con especies nativas presenta un sinnúmero de aplicaciones que merecen una gestión apropiada según los objetivos, que, en algunos casos, pueden presentarse como soluciones rentables con beneficios económicos y ecológicos a corto, mediano y largo plazo.

## II. Materiales y métodos

La zona considerada corresponde fitogeográficamente a la Provincia del Espinal. Distrito del Ñandubay [24]. El bosque nativo está constituido por *Prosopis affinis*, (ñandubay), *P. nigra* (algarrobo negro) *P. alba* (algarrobo blanco) y *Acacia caven* (espinillo). Las principales especies que constituyen el pastizal son *Bromus auleticus*, *Nassella hyalina*, *Phalaris angusta*, *Nassella neesiana*, *Piptochaetium stipoides* *Piptochaetium montevidense*, *Chascolytrum subaristatum*, *Hordeum stenostachys*, *Deyeuxia viridiflavescens*, *Paspalum dilatatum*, *Bothriochloa saccharoides*, *Mnesithea seloana*, *Steinchisma hians*, *Schizachyrium microstachyum*, *Sporobolus indicus*, *Paspalum plicatulum*, *Bothriochloa laguroides*, *Paspalum notatum*, *Eragrostis lugens* y otras. Los suelos de las áreas de estudio pertenecen a la categoría taxonómica Molisoles (Argiacuol vértico) y Vertisoles (Pelludert argiudólico).

Los ensayos se realizaron en establecimientos con campo natural de los productores Antonio Colombo, en Federación, Hugo Leinecker, en La Paz, y Oscar Luna, en Federal. Se evaluó previamente la condición del bosque nativo en estos establecimientos y detectó la necesidad de realizar enriquecimiento.

### II.1. Instalación de módulos experimentales

Consistieron en parcelas seleccionadas de una superficie del campo, variable, según las características del predio y la disponibilidad ofrecida por cada productor. En las parcelas de cada campo natural se delimitó una superficie en distinto grado de uso y estado. Las mismas estuvieron cercadas con alambrado eléctrico perimetral e internos de apotramiento, a efectos de implementar la propuesta de manejo y uso. Se contó en cada caso con un lote tratamiento y uno testigo para compararlos, a través del tiempo.

En cuanto al tratamiento, se practicaron **técnicas** silvícolas orientadas al ordenamiento del bosque, que consistieron en podas de raleo y formación de los ejemplares presentes, enriquecimiento con leñosas nativas mediante siembra directa y plantación. También se ajustaron los sistemas de aprovechamiento del pastizal con pastoreos rotativos adecuando los tiempos de pastoreo, descanso y carga a la oferta forrajera de cada sitio.

### II.2. Caracterización del bosque nativo

Los sitios estudiados se caracterizaron según el estado de la estructura vegetal presente. En el campo de H. Leinecker, se trabajó en dos sitios: uno se denominó Renoval de un año (RA) y el otro se llamó Bosque secundario (BS). En el establecimiento de O. Luna, el sitio se identificó como Bosque degradado (BD), y en el campo del productor A. Colombo, el **área** estudiada se estableció como Pastizal sin bosque (PSB).

### II.3. Evaluación Forestal

En los tratamientos y testigos se realizaron las siguientes evaluaciones forestales:

- Inventario forestal: Sobre 5 transectas en faja de 30 x 4 m (600 m<sup>2</sup>). En los ejemplares y especies presentes se midió densidad arbórea, diámetro basal (DAB), altura total, diámetro de copa y número de pies por ejemplar sobre adultos y juveniles; sobre plántulas (DAB <0,5 cm) se registró especie y densidad.

Las mediciones se realizaron al comienzo y fin del proyecto en RA, BS y BD.

- Banco de semillas

Se evaluó, en RA y BS, el banco de semillas existentes en el suelo de *P. alba*, *P. nigra* y *P. affinis*. Se tomaron muestras cilíndricas de 5 cm (profundidad) x 8 cm (diámetro) con un volumen de 251,2 cm<sup>3</sup> c/u. Se recolectaron en sobre 4 transectas lineales, a una distancia de 1m entre si, en tratamiento de RA (120 muestras) y BS (200). Las semillas encontradas se llevaron a germinación aplicando pretratamiento con agua caliente por 5 minutos y se sembraron en bandejas de germinación en invernadero, donde permanecieron tres semanas. Para verificar la posibilidad de germinación tardía de las semillas que no lo hicieron, se extendió el tiempo de evaluación manteniendo las macetas en invernadero con riegos periódicos durante 4 meses.

### II.4. Enriquecimiento forestal

Se enriqueció el bosque mediante siembra (*P. affinis*, *P. alba* y *P. nigra*) y plantación (*P. affinis*, *P. alba* y *Prosopis chilensis*), en las situaciones donde la regeneración natural de las especies valiosas era escasa o inexistente.

- Siembra a campo y persistencia de los ejemplares sembrados

Se evaluó la persistencia de ejemplares sembrados directamente a campo para evaluar la posibilidad de regenerar el bosque en forma **rápida y sencilla, para ser aplicada por los productores.**

Se realizó en los sitios RA y BS con semillas, provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Prosopis, de *P. affinis*, *P. alba* y *P. nigra*.

Las semillas presentaron un poder germinativo de 100 % (*P. affinis*), 76 % (*P. alba*) y 88 % (*P. nigra*).

Las semillas se sumergieron en agua a 80°C, se dejaron enfriar a temperatura ambiente permaneciendo así hasta su hidratación (aproximadamente 36 horas). Luego fueron sembradas.

Se sembró bajo y fuera de copa de los espinillos, en ubicación norte y sur, con y sin remoción del pan de tierra.

Se sembraron tres semillas de cada especie por cada punto de siembra, a un centímetro de profundidad y se regaron.

En cada sitio, para cada especie y tratamiento, se realizaron ocho repeticiones al azar, totalizando 48 siembras por especie por terreno.

Se evaluó el porcentaje de supervivencia a los tres meses de realizada la plantación.

- Plantación y persistencia de los ejemplares plantados

Se produjo en vivero, en bandejas multiceldas (300 cm<sup>3</sup>), cría de algarrobos y ñandubay, para su posterior plantación. Se utilizaron semillas provenientes de árboles seleccionados del Banco Nacional de Germoplasma de Prosopis.

Los ejemplares se plantaron con un tamaño promedio de 80cm de altura, distribuidos en los espacios abiertos del campo en RA y BD, en BS se plantaron en proporciones similares, bajo y fuera de copa de *A. caven*, en PSB en líneas internas y perimetrales del lote. La persistencia se estimó en porcentaje de sobrevivencia.

El sitio, superficie, fecha, especie, número de ejemplares y densidad se presentan en la **Tabla 1**.

**TABLA 1.** Superficie, fecha de plantación, especie, número de ejemplares y densidad, para los cuatro sitios

Sitios	Fecha de plantación	Especie	Nº ejemplares	Densidad (ind. ha <sup>-1</sup> )
RA (1,5 has)	01/04/2009	<i>P. alba</i>	38	25
	23/03/2010	<i>P. chilensis</i>	39	26
BS (1 ha)	14/11/2010	<i>P. affinis</i>	27	27
	28/12/2010	<i>P. chilensis</i>	5	5
	28/12/2010	<i>P. affinis</i>	51	51
BD (1 ha)	11/11/2009	<i>P. chilensis</i>	56	56
	15/03/2010	<i>P. alba</i>	152	152
PSB (4 has)	15/04/2010	<i>P. chilensis</i>	56	14
	14/11/2010	<i>P. alba</i>	52	13
	21/03/2011	<i>P. affinis</i>	75	19

Luego de la plantación e identificación, se midió anualmente la altura y evaluó el estado de los ejemplares. La última lectura se realizó en mayo de 2013 en todos los sitios.

- Protección de plantines

Sobre los ejemplares plantados en RA y BS no se realizó ningún tipo de protección al momento de la plantación y en octubre del año 2012, los plantines sobrevivientes, se protegieron con ramas de las especies arbóreas presentes en el lote.

En BD, los plantines instalados se tutoraron y protegieron con ramas de las especies arbóreas podadas, presentes en el lote.

En el PSB se aplicaron tres formas de protección: repelente para liebres, repelente para liebres con tubos de cartón y repelente para liebres con maya plástica, todos combinados con uso de boyero eléctrico a 0,5m a cada lado de la plantación. En este sitio no se tutoraron los arbolitos.

## II.5. Regeneración natural

Se evaluó el número de los ejemplares de plántulas presentes en los sitios RA, BS y BD, en tratamiento y testigo, al inicio y fin del ensayo.

## II.6. Caracterización del pastizal natural

Se describieron las características predominantes del pastizal de cada sitio al inicio del estudio.

## II.7. Evaluación del pastizal

### - Composición florística

Se evaluó sobre 5 transectas lineales de 30m utilizando el método del punto [25], cada 50cm, totalizando 300 puntos por área muestreada. Se contabilizaron las especies presentes, suelo desnudo y mantillo. Las lecturas se realizaron a fines de primavera, durante cinco años. Con estos datos se estimaron los índices de Similitud de Sørensen para tratamiento vs testigo al inicio y fin; e inicio vs fin para tratamiento y testigo, en cada área de estudio; riqueza, diversidad (Shannon-Wiener) y equitatividad para tratamiento y testigo al inicio vs fin.

### - Producción forrajera

Se evaluó la producción forrajera estacional a través del método de corte utilizando jaulas móviles [26]. Se comparó la producción inicial y final en cada sitio para un período aproximado de un año.

## II.8. Suelos

Por sitio, se tomaron muestras compuestas, a partir de 15 muestras simples al azar de los 15 cm superficiales, al inicio y fin del trabajo. Se evaluaron las variables edáficas pH (en agua (1:2,5)-(Potenciometría), C orgánico total (%) (Walkley y Black), materia orgánica (%), nitrógeno total (%) (Kjeldahl), relación C/N, fósforo disponible (mg/kg) (Bray y Kurtz), nitratos (mg/kg) (Harper) y nitrógeno disponible (kg/ha) (25 cm).

Se utilizó el paquete estadístico Infostat para los diferentes análisis estadísticos [27].

## III. Resultados y discusión

### III.1. Instalación de módulos experimentales

En cada caso, se definió el área para los tratamientos y testigos. En el RA se trabajó en una superficie de 3 has, divididas en partes iguales para tratamiento y testigo. En el BS se utilizaron 2 has y destinó una para tratamiento y otra para testigo. En el BD las tareas se desarrollaron en una superficie de 2 has, distribuidas de la misma manera que en el sitio anterior. En el PSB, la superficie destinada al ensayo fue de 8 has designadas en igual superficie para cada análisis.

### III.2. Caracterización del bosque nativo

El RA históricamente fue utilizado para cultivos y praderas permanentes (más de 50 años de agricultura). Debido a la profunda caída en la productividad del sistema, se intentó revertir el proceso a través de la recuperación del pastizal y del bosque. A partir del verano de 2006-2007 se abandonó el cultivo y se inició la naturalización del lote. Al inicio del ensayo se encontró un renoval de *Acacia caven* con un

año de sucesión. En el BS, hace 18 años se abandonó la agricultura y se inició la sucesión secundaria. Presentó en su composición florística leñosa como dominante a *A. caven*, acompañada por *Acacia atramentaria*, *Prosopis affinis* y *Schinus longifolius*. En el BD, el ambiente presentó una estructura boscosa empobrecida, consecuencia de la extracción excesiva de árboles. Las especies presentes en el estrato arbóreo fueron *P. affinis*, *A. caven*, *Celtis ehrenbergiana*, *Myrcianthes cisplatensis* y *Scutia buxifolia*. Las arbustivas presentes fueron *Aloysia gratissima*, *Acanthostyles buniifolius* y *Celtis pallida*. El PSB se corresponde a los pastizales de Bañados de Altura sin bosque, donde se registró la presencia de ejemplares aislados de *P. affinis* y *A. caven*.

### III.3. Evaluación Forestal

#### - Inventario forestal

A los seis años de inicio de la experiencia en RA, la prueba t de comparación de medias mostró diferencias muy significativas para diámetro de base, altura total, diámetro de copa y número de pies por ejemplar, con valores  $p < 0,0001$ , mientras que para la densidad total de arbóreas no hubo diferencias significativas ( $p \geq 0,1490$ ), en tratamiento y testigo (tabla 2).

Para el mismo período en BS, no hubo diferencias para diámetro de base, en testigo ni en tratamiento ( $p \geq 0,1897$ ). La altura total de los ejemplares demostró diferencias muy significativas tanto en tratamiento como en testigo ( $p \leq 0,0005$ ). Para el diámetro de copa se produjeron diferencias significativas en tratamiento y testigo ( $p \leq 0,0288$ ). El número de pies por ejemplar no presentó diferencias significativas entre fechas en el testigo ( $p = 0,1181$ ), mientras que en tratamiento fueron muy significativas ( $p = 0,0001$ ). La evolución de la densidad total no produjo cambios significativos (tabla 2).

En el BD, la comparación de la altura de los ejemplares arbóreos entre inicio y fin del ensayo mostró diferencias significativas para tratamiento y testigo ( $p = 0,0001$ ), en tanto que para la densidad de los mismos individuos no se hallaron diferencias significativas ( $p \geq 0,7986$ ) (Tabla 2).

#### - Banco de semillas

De la totalidad de las muestras analizadas solo 27 tenían semillas. Se encontraron 38 semillas en total, 14 en RA y 24 en BS. El número de semillas por  $m^2$  fue de 23 y 24 y por hectárea 230.000 y 240.000, respectivamente.

Luego de tres semanas, de las 38 semillas germinó una de *P. affinis* originaria del BS, y en los 4 meses subsiguientes no se produjo ninguna germinación.

En los dos sitios de interés hay semillas presentes de las especies del género *Prosopis*, sin embargo, la probabilidad que éstas germinen y produzcan plantas no se ha confirmado. La presencia de ejemplares de *P. affinis* y *P. nigra* en BS permite esperar que en condiciones naturales los resultados sean más promisorios, aunque en el contexto actual de utilización, el bosque nativo del Distrito del Ñandubay podría no regenerarse naturalmente por el banco de semillas.

### III.4. Enriquecimiento forestal

#### - Siembra a campo y persistencia de los ejemplares sembrados

A los tres meses de la experiencia, la especie con mayor éxito de establecimiento fue *P. nigra*, le siguió *P. alba* mientras que *P. affinis* presentó el porcentaje de establecimiento más bajo. Estadísticamente no hay diferencia significativa entre los porcentajes de establecimiento de *P. alba* y *P. nigra* en ningún terreno. Los porcentajes de establecimiento de *P. affinis* son siempre significativamente diferentes a los de *P. alba* y *P. nigra*, (Tabla 3).

**TABLA 2.** Diámetro de base, altura total, diámetro de copa, número de pies por ejemplar y densidad total de arbóreas, para inicio y fin del ensayo

Sitio	Variable	Tratamiento	2008	2013
RA	DAB (cm)	tratamiento	1,97b	3,75a
		testigo	1,95b	4,03a
	Altura total (m)	tratamiento	1,2b	1,74a
		testigo	1,1b	1,75a
	Diámetro de copa (m)	tratamiento	0,9b	1,35a
		testigo	0,88b	1,44a
Nº pies por ejemplar	tratamiento	2,27a	1,52b	
	testigo	1,85a	1,21b	
Densidad total arbóreas (nº individuos ha <sup>-1</sup> )	tratamiento	3729a	4687a	
	testigo	2979a	4104a	
BS	DAB (cm)	tratamiento	6,31a	7,23a
		testigo	7,31a	8,28a
	Altura total (m)	tratamiento	2,57a	2,11b
		testigo	2,87a	2,15b
	Diámetro de copa (m)	tratamiento	2,68a	2,2b
		testigo	3,07a	2,16b
Nº pies por ejemplar	tratamiento	1,49a	1,09b	
	testigo	1,44a	1,27a	
Densidad total arbóreas (nº individuos ha <sup>-1</sup> )	tratamiento	923a	1076a	
	testigo	865a	1030a	
BD	Altura total (m)	tratamiento	3,07a	2,21b
		testigo	2,69a	2,12b
	Densidad total arbóreas (nº individuos ha <sup>-1</sup> )	tratamiento	283a	267a
		testigo	442a	425a

Letras distintas, por fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**TABLA 3.** Sitios, especies sembradas y persistencia a los 3 meses de siembra

Sitio	Especie	Sobrevivencia (%)
RA	Prosopis nigra	27,1
	Prosopis alba	22,9
	Prosopis affinis	4,2
BS	Prosopis nigra	29,2
	Prosopis alba	18,8
	Prosopis affinis	16,7

El tiempo del trabajo, para determinar si se puede recomendar la siembra directa, fue breve, con bajos porcentajes de supervivencia. Esto permite inferir que la alta fragilidad de las plántulas frente a las condiciones de sequía reinantes hace que el enriquecimiento del bosque mediante siembra directa sea poco recomendable.

Bajo las condiciones del estudio, el mejoramiento del sustrato de anclaje y el micro hábitat creado por *A. caven* no favorecen la supervivencia de las especies estudiadas. La depredación encubre los efectos que estas medidas de mejoramiento del sustrato y micro hábitat podrían tener en la supervivencia de las especies estudiadas.

En condiciones con menor depredación no se podría refutar la existencia de alguna influencia positiva por parte de estos dos factores.

La baja tasa de supervivencia de *P. affinis*, especialmente en el renoval de un año, hacen que esta especie no sea recomendable para siembra directa en terrenos con alta depredación donde la sucesión secundaria recién comienza. Según [15], la tasa de supervivencia por siembra directa es menor en los sitios más degradados. De acuerdo a estos investigadores, el éxito de la siembra directa depende en parte de la fauna que haya en el sitio donde se realiza la restauración.

Durante los primeros meses de desarrollo de las plántulas, el principal factor a tener en cuenta en la siembra directa es la depredación por los herbívoros.

El 30 de marzo de 2010 se realizó una nueva lectura para verificar la supervivencia de los ejemplares sembrados, tanto en el sitio RA como en el BA no se encontraron ejemplares supervivientes.

La falta de forraje para el consumo de los animales, por efecto de la sequía, hizo que las pequeñas plantas de algarrobo sean un elemento de consumo importante para los bovinos, liebres, guazunchos, loros, hormigas y otros herbívoros.

- Plantación y persistencia de los ejemplares plantados

Se analizaron los porcentajes de sobrevivencia y *P. chilensis* mostró altos valores de sobrevivencia, en tres sitios fue superior a las demás especies y en el BD fue levemente inferior. *Prosopis alba* tuvo mayor sobrevivencia en el BD, mientras que *P. affinis* tuvo los menores valores en los dos sitios donde se plantó, con un mejor comportamiento en el PSB (**Tabla 4**).

**TABLA 4.** Fecha de plantación, especies, número de ejemplares y sobrevivencia para todos los sitios

Sitio	Tiempo desde plantación	Especie	Nº ejemplares plantados	Sobrevivencia (%)
RA	49,5 meses	<i>P. alba</i>	38	76
	38 meses	<i>P. chilensis</i>	39	100
BS	30 meses	<i>P. affinis</i>	79	27
	31 meses	<i>P. chilensis</i>	5	100
BD	41 meses	<i>P. chilensis</i>	56	91
	38 meses	<i>P. alba</i>	152	94
PSB	38 meses	<i>P. chilensis</i>	56	88
	30 meses	<i>P. alba</i>	52	75
	25 meses	<i>P. affinis</i>	75	68

- Protección de plantines

En el sitio RA, de los 38 plantines de *P. alba* instalados sobrevivieron 29 y se obtuvo un promedio de altura de 66cm, con una dispersión de 24cm. Los valores de altura estuvieron comprendidos entre los 30 y 130cm. Un alto porcentaje de los ejemplares estaban comidos o muy comidos en distinto grado, un porcentaje importante se encontró bifurcado, mientras que una baja proporción de los individuos se halló en buen estado (Tabla 5).

En los plantines de *P. chilensis* se hallaron valores de altura entre los 50 y 150 cm. El promedio observado fue de 86cm con una dispersión de 22cm. El mayor daño observado fue que muchos arbolitos

estaban comidos, una proporción menor bifurcados y una cantidad mayor que *P. alba*, se encontró en buen estado (tabla 5).

**TABLA 5.** Estado de los ejemplares plantados en el Renoval de un año (%)

Estado Especie	Bifurcado	Bifurcado y comido	Bueno	Comido	Muy comido
<i>Prosopis alba</i>	3	31	17	45	4
<i>Prosopis chilensis</i>	10	18	31	41	0

Los arbolitos, en general, presentaron daños, desde despuntados a totalmente defoliados y parte del tallo comido. Estos efectos se detectaron después de los pastoreos. Entre los que se encontraron en buen estado se hallaron ejemplares torcidos o inclinados por falta de conducción.

La falta de protección y tutorado produjo pérdida de ejemplares, deformaciones y menor desarrollo de los arbolitos. También se produjo el ataque del corta palo (*Oncideres spp.*) [28], que alteró la estructura inicial del fuste y provocó una bifurcación del eje mayor. Los daños que producen pueden ser de importancia cuando se trata de renovales o plantaciones nuevas, provocando pérdidas considerables [29].

En el BS, los ejemplares de ñandubay, bajo copa, presentaron valores de altura en el rango de 50 a 120 cm con un promedio de 79 cm y un desvío estándar de 21 cm. Los plantados fuera de copa tuvieron una altura media de 46 cm, con un rango entre 19 y 70 cm y un desvío de 39 cm. Los individuos de *P. chilensis* plantados bajo copa presentaron una altura media de 120 cm, sin presentar desvíos y los plantados fuera de la copa mostraron una media de 39 cm de altura, con un rango de 26 a 50 cm y un desvío de 12 cm.

Se observó que aproximadamente la mitad de los ejemplares sobrevivientes de *P. affinis* estaban comidos, una cantidad algo menor en buen estado y una baja proporción fueron comidos intensamente y rebrotaron (Tabla 6). De los ejemplares de *P. chilensis* que sobrevivieron, más de la mitad estaban comidos, en proporciones iguales se presentaron los que fueron intensamente comidos y rebrotaron y los que se encontraron en buen estado (Tabla 6).

**TABLA 6.** Estado de los ejemplares plantados en el Bosque secundario (%)

Estado Especie	Comido y rebrotado	Bueno	Comido
<i>Prosopis affinis</i>	14	41	45
<i>Prosopis chilensis</i>	20	20	60

La plantación al abrigo de *A. caven* dio como resultado ejemplares de mayor desarrollo y menos dañados, aunque la falta de protección resultó en la pérdida de muchos ejemplares de *P. affinis*.

En el BD, *P. alba* mostró una altura media de 145 cm con valores entre los 36 y 310 cm y un desvío de 59 cm. *P. chilensis* tuvo 161 cm de altura media con un rango entre los 85 y 287 cm y un desvío de 52 cm. La gran mayoría de los árboles presentaron muy buen desarrollo y en escasos ejemplares se detectaron daños.

En los plantines de *P. alba*, el 51 % no tuvo signos de daños mientras que los que fueron consumidos solo se encontraron despuntados en sus ramas altas o bajas. Entre los ejemplares que no fueron comidos se hallaron, en distintas proporciones, ejemplares con poco y medio grado de senescencia y otros, que anteriormente se secaron completamente en su parte aérea rebrotaron desde la base (Tabla 7).

Sobre los ejemplares de *P. chilensis* se observó que el 65 % no presentó signos de daños. Los ejemplares que sufrieron daños por consumo fueron muy pocos, debido a ataques de hongos. Entre los

no comidos que sufrieron otros daños, hubo una baja proporción con grado medio, mientras que más del 25% de los arbolitos se habían secado completamente en su parte aérea y presentaron rebrotes basales (Tabla 7).

**TABLA 7.** Estado de los ejemplares plantados en el Bosque degradado (%)

Estado Especie	Comido		Bueno	No comido		
	despuntado	ataque de hongos		medio seco	puntas secas	seco y rebrotado
Prosopis alba	5	0	51	3	14	27
Prosopis chilensis	0	7	65	2	0	26

La protección con ramas y el tutorado resultó en una proporción muy baja de ejemplares dañados por el ganado y una alta tasa de sobrevivencia.

En el PSB, sobre 51 ejemplares de *P. affinis*, se registraron valores medios de altura de 61 cm con un desvío de 32 cm, en un rango comprendido entre los 15 y 155 cm. La altura media de los 39 ejemplares de *P. alba* presentes fue de 135 cm y se registraron valores en un rango comprendido entre 11 y 260 cm, con un desvío estándar de 71 cm. Sobre los 49 ejemplares de *P. chilensis* presentes se midió la altura, encontrándose un promedio de 171cm con una dispersión de 55 cm. Los valores extremos registrados fueron 20 y 210 cm (**Tabla 8**).

**TABLA 8.** Estado de los ejemplares plantados en el Pastizal sin bosque (%)

Estado Especie	Bueno	Despuntado	Comido	Muy comido
Prosopis affinis	0	0	20	80
Prosopis alba	24	5	16	55
Prosopis chilensis	35	0	35	31

En la mayoría de los casos el boyero no fue efectivo en la protección contra el ramoneo de los vacunos pero no se observaron daños causados por roedores. En el caso de las mayas plásticas y tubos de cartón, éstos perduraron por poco tiempo y sufrieron daños, no resultando efectivos.

La mayoría de los ejemplares mostraron daños severos por ramoneo de los animales y pocos mantuvieron buen desarrollo hasta la última fecha de lectura. También se detectaron daños severos en muchos ejemplares, causados por ataque de loros que despuntaron ramas de hasta 0,5cm de diámetro. La protección con boyero, a la distancia utilizada, no produjo resultados favorables, mientras que el uso de repelente para liebres resultó efectivo sin diferenciar con o sin el uso de malla o tubo de cartón. En zonas donde los loros están instalados se deben desarrollar estrategias de protección que no fueron contempladas en este trabajo.

Los resultados demuestran que *P. chilensis* presenta el mejor comportamiento en plantaciones con o sin protección, mientras que *P. affinis* es muy susceptible a la predación, especialmente por ramoneo del ganado bovino.

Quedo evidenciada la importancia que tiene la protección de los plantines en su primera fase después de la plantación. Se observó que son muy apetecibles para el ganado mayor, ovejas, cabras y otros herbívoros. Dentro de los métodos más prácticos y de mejor resultado por lo económico, está la

protección de los plantines con ramas que los resguardan del consumo animal y producen un efecto de media sombra, disminuyendo la evapotranspiración, la sequedad del suelo y regulan las temperaturas bajas y altas.

### III.5. Regeneración natural

En el RA hubo una presencia muy alta de plántulas tanto al inicio como al final del ensayo en tratamiento y en testigo. Aunque las plántulas no mostraron diferencias significativas en su densidad entre ambas fechas, los valores de densidad de los juveniles sí mostraron diferencias significativas entre inicio y fin. Esto dio lugar a un aumento en la densidad total entre inicio y fin en ambos tratamientos y permite deducir que la misma se debió al cambio de categoría de plántulas a juveniles en ambas situaciones, mientras que se produjo un continuo reclutamiento de ejemplares registrados como plántulas (**Tabla 9**). Al final de la experiencia, no se presentaron ejemplares de especies leñosas arbóreas distintas a *A. caven*, como resultado de la regeneración natural del bosque.

**TABLA 9.** Densidad total, de juveniles y de plántulas de *A. caven* en RA al inicio y fin del ensayo (individuos ha<sup>-1</sup>)

Categorías	Tratamientos	2008	2013
Total	tratamiento	3729a	4687a
	testigo	2979a	4104a
Juveniles	tratamiento	2437b	3500a
	testigo	1812b	3104a
Plántulas	tratamiento	1292a	1187a
	testigo	1167a	1000a

Letras distintas, por fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

**TABLA 10.** Densidad total, de adultos más juveniles y de plántulas de leñosas arbóreas en BS al inicio y fin del ensayo (individuos ha<sup>-1</sup>)

Categorías	Tratamientos	2008	2013
Total	tratamiento	923a	1076a
	testigo	865a	1030a
Adultos + juveniles	tratamiento	579b	853a
	testigo	617b	777a
Plántulas	tratamiento	344a	223a
	testigo	248a	255a

Letras distintas, por fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En el BS, la evolución de la densidad total, de adultos más juveniles y de plántulas mostró diferencias significativas para la categoría adultos más juveniles, tanto en tratamiento como en testigo ( $p \leq 0,0412$ ), mientras que en las otras categorías no se produjeron cambios significativos (**Tabla 10**).

De las cinco especies presentes en el ensayo, tres de ellas (*A. caven*, *P. affinis* y *S. longifolius*) presentaron ejemplares en estado de plántula. En el caso de *S. longifolius*, solo se encontraron al inicio de la experiencia.

En el BD, la densidad de adultos mas juveniles no mostró diferencias significativas entre inicio y fin de la experiencia tanto en tratamiento como en testigo ( $p \geq 0,2725$ ), mientras que para las plántulas

se verificaron diferencias significativas en tratamiento y testigo al comparar las distintas fechas ( $P \leq 0,0278$ ). En ambos casos se produjo un aumento de la población de adultos más juveniles que puede explicarse por el cambio de categoría de las plántulas, sin embargo la escasa presencia de esta categoría en la última etapa, demuestra que en ese período la renovabilidad de las leñosas arbóreas fue muy baja o nula (Tabla 11).

**TABLA 11.** Densidad total, de adultos más juveniles y de plántulas de leñosas arbóreas, en BD al inicio y fin del ensayo (individuos ha<sup>-1</sup>)

Categorías	Tratamientos	2008	2013
Adultos + juveniles	tratamiento	225a	258a
	testigo	342a	425a
Plántulas	tratamiento	58a	9b
	testigo	100a	0b

Se encontraron siete especies arbóreas, entre ellas cuatro tuvieron ejemplares de plántulas al inicio (*A. caven*, *C. ehrenbergiana*, *M. cisplatensis*, *P. affinis* y *S. buxifolia*) mientras que en la última fecha solo *A. caven* presentó individuos de ésta categoría.

### III.6. Caracterización del pastizal natural

El pastizal natural del RA se encontró en condición pobre, con escasas especies forrajeras, alto porcentaje de suelo desnudo y malezas, con ausencia de mantillo. En el BS se presentó un pastizal natural con un tapiz herbáceo bien desarrollado con presencia de diversas especies de la familia Poáceas. Las especies más frecuentes fueron *P. notatum* y *P. stipoides*, también se encontraron varias especies pertenecientes a otros grupos taxonómicos. El indicador del deterioro se manifestó en alto porcentaje de suelo desnudo. En el pastizal natural del BD la composición florística estuvo determinada por especies rastrero estoloníferas, predominando *P. notatum* y *A. affinis*. También se observaron manchones de *Melica macra* y presencia de *Baccharis coridifolia*. El mantillo presentó valores medios, mientras que suelo desnudo bajos. En el PSB los pastizales fueron de alta riqueza con predominancia de gramíneas.

### III.7. Evaluación del pastizal

#### - Composición florística

En el RA las gramíneas invernales (Gi) y estivales (GE) incrementaron su frecuencia desde niveles muy bajos a una situación mejorada, en la etapa final de la experiencia. Hubo escasa representación de graminoides (Gr) y leguminosas (Le) en todo el período analizado, mientras que las malezas (Mal) tuvieron una fuerte disminución en su frecuencia al finalizar la experiencia. Los valores de mantillo (Man) tomaron cierta importancia en tratamiento al finalizar los trabajos; y en suelo desnudo (Sd) son importantes en las dos situaciones, tanto al inicio como al final de la experiencia (**Tabla 12**).

La evolución de la vegetación herbácea, expuesta a pastoreos rotativos con descansos largos durante el tiempo del proyecto, puede considerarse promisorio para la regeneración de ambientes naturales que fueron sometidos a disturbios profundos por un tiempo muy prolongado. Los cambios en la composición florística así lo demuestran. La posibilidad de una mayor recuperación del sitio trasciende el tiempo que duró la experiencia.

En el BS no se registró la presencia de Le. Las Gr estuvieron presentes en las dos situaciones con baja frecuencia. Hubo menor número de Mal en tratamiento. El Man y Sd tuvieron mayor frecuencia en la etapa inicial de las evaluaciones, (tabla 12).

**TABLA 12.** Composición florística del estrato herbáceo para testigo y tratamiento en todos los sitios para inicio y fin del ensayo

Sitio	tratamiento	año	Gi	Ge	Gr	Le	Mal	Man	Sd
RA	Tratamiento	2012	17,9	13,8	0,4	0,4	3,7	15,0	48,7
		2008	1,3	1,3	0,0	0,8	46,4	2,1	47,7
	Testigo	2012	15,0	22,5	0,0	0,0	3,7	2,9	55,8
		2008	0,4	0,8	0,0	0,0	48,7	6,4	43,6
BS	Tratamiento	2012	19,7	36,7	3,0	0,0	8,3	5,7	26,7
		2008	25,7	22,6	3,3	0,0	8,8	12,0	27,7
	Testigo	2012	16,0	31,7	4,3	0,0	12,3	4,7	31,0
		2008	19,5	31,8	2,9	0,0	5,9	10,9	28,8
BD	Tratamiento	2012	3,7	29,9	9,3	2,7	9,7	43,7	1,0
		2008	1,0	49,0	5,0	1,0	26,7	12,3	5,0
	Testigo	2012	6,0	42,3	4,3	8,3	5,3	30,0	3,7
		2008	2,0	55,2	5,3	0,6	15,8	15,7	5,4
PSB	Tratamiento	2012	4,3	38,7	8,0	10,3	3,0	13,7	22,0
		2009	1,3	65,8	14,6	2,5	2,9	0,8	12,1
	Testigo	2012	2,7	43,7	9,3	2,0	2,3	17,0	23,0
		2009	1,3	56,9	9,2	5,0	1,3	5,9	20,5

Un manejo que permita una evolución donde se favorezca el desarrollo de más especies forrajeras e incremente su frecuencia, así como la eliminación de suelo desnudo, es la herramienta más promisoría para el mejoramiento de la condición de los pastizales degradados.

En el sitio BD, las Gi y Ge estuvieron presentes en mayor proporción en testigo que en tratamiento. Las Le tuvieron mayor frecuencia en tratamiento mientras que las Gr se encontraron mejor representadas en tratamiento. Las Mal, hacia el final de la experiencia, se encontraron con menor frecuencia en ambas situaciones. El Man presentó buena proporción en los dos sitios al final del ensayo, mientras que se encontró muy baja frecuencia de Sd en tratamiento y testigo durante todas las evaluaciones (Tabla 12). Un manejo más ajustado de las épocas de pastoreo, permitirá un incremento en el número y frecuencia de las Gi. Se detectó un incremento en la frecuencia de Mal invasoras, hecho que debe ser subsanado para dirigir la evolución del pastizal hacia una situación productiva estable.

En el sitio PSB, se presentaron con baja frecuencia las Gi en tratamiento y testigo. Se registraron valores más altos de frecuencia para las Ge en la etapa inicial del proyecto. Se hallaron Le en buena proporción, con mayor frecuencia en tratamiento en la última lectura. Entre las Gr se halló mayor frecuencia en tratamiento al inicio del ensayo. Las Mal tuvieron baja representación en ambos sitios, en todas las fechas de muestreo. El Man se detectó con muy buena proporción en ambos sitios al final de la experiencia en tanto que el Sd mostró niveles normales de ese ambiente (Tabla 12).

### III.7.1. Similitud, Riqueza, Diversidad y Equitatividad

#### -Similitud

En las comunidades RA y BD hubo poca similitud entre tratamiento y testigo para el inicio como al final del ensayo y menos aún entre cada tratamiento para los distintos años. El BS mostró la mayor similitud entre tratamiento y testigo para cada fecha de análisis, mientras que tratamiento fue más similar que el testigo comparando la situación inicial con la final. En cambio en el PSB se verificó simi-

litud entre tratamiento y testigo para las distintas fechas al igual que cada tratamiento comparando la situación de inicio con la fina, (**Tabla 13**).

**TABLA 13.** Índice de similitud (Sørensen) para el estrato herbáceo entre tratamiento vs testigo en inicio y fin, e inicio vs fin para tratamiento y testigo de todos los sitios

Sitio Comparaciones	RA	BS	BD	PSB
Testigo vs tratamiento 2008	56	91	52	69
Testigo vs tratamiento 2012	58	73	64	71
Tratamiento 2008 vs 2012	32	70	47	75
Testigo 2008 vs 2012	32	65	54	63

#### -Riqueza

En el RA en tratamiento y, en BS en tratamiento y testigo, se dieron valores de riqueza menores al final de la experiencia con respecto al inicio. En las demás comunidades y situaciones la riqueza específica del estrato herbáceo fue mayor al finalizar el ensayo. El ambiente que presentó mayor riqueza fue el testigo de PSB, mientras que el menos rico fue el testigo de RA. En general, se puede decir que los ambientes que tuvieron mayores disturbios son los que presentan menor riqueza en el estrato herbáceo (Tabla 14).

#### -Diversidad

En las comunidades RA, BD y tratamiento de PSB, la diversidad de las herbáceas fue mayor al final del ensayo respecto del inicio, en cambio, en el BS, la diversidad se redujo al final de la experiencia y; en el testigo de PSB se mantuvo igual. En las comunidades más disturbadas la diversidad fue levemente inferior que en aquellas que sufrieron menores disturbios, (**Tabla 14**).

#### -Equitatividad

En RA, BD y tratamiento de PSB la equitatividad fue mayor al final del estudio, en tanto que en BS y testigo de PSB fue levemente inferior para esa fecha de análisis respecto del inicio. El testigo de RA, en la etapa final del ensayo y el testigo de BD, al principio del mismo, presentaron la mayor y menor equitatividad, respectivamente, (tabla 14).

**TABLA 14.** Riqueza, diversidad y equitatividad del las herbáceas para todos los sitios y tratamientos

Sitio		RA		BS		BD		PSB	
Índice	Años	trata.	testigo	trata.	testigo	trata.	testigo	trata.	testigo
Diversidad	2008	2,07	1,74	2,54	2,31	2,07	1,95	-	-
	2012	2,38	2,3	2,11	2,02	2,59	2,14	2,66	2,56
Riqueza	2008	21	11	23	21	22	25	-	-
	2012	18	13	17	16	27	26	26	30
Equitatividad	2008	0,68	0,73	0,81	0,76	0,69	0,61	-	-
	2012	0,82	0,9	0,75	0,73	0,79	0,66	0,81	0,75

- Producción forrajera

A la fecha de inicio del estudio, el RA estaba siendo utilizado para pastoreo y no contaba con forraje verde en pie. La información de producción de materia seca se evaluó en forma estacional contabilizándose un período que va desde el 17 septiembre de 2008, fecha en que se instalaron las jaulas. El primer corte se realizó en diciembre de ese año, sumando los cortes de abril y hasta el 14 de octubre de 2009, totalizando un período de 393 días. Estos datos se comparan con los del último período de evaluación que va desde el 20 de septiembre de 2011 como última fecha de corte correspondiente al período anterior, hasta el 31 de octubre de 2012, totalizando 406 días para la estimación de materia seca producida. La comparación de medias para el primero y último período no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, tanto para las forrajeras como para las malezas ( $p \geq 0,057$ ) (**Tabla 15**).

**TABLA 15.** Producción de materia seca herbácea inicial y final en RA (kg MS ha<sup>-1</sup>)

Período		Inicio	Fin
Tratamientos		(17-09-08 a 14-10-09)	(20-09-11 a 31-10-12)
Tratamiento	Forrajeras	1328a	3186a
	Malezas	1105a	780a
Testigo	Forrajeras	1064a	2300a
	Malezas	888a	714a

Letras distintas, por fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En el BS, previo a la instalación de las jaulas se realizó un aprovechamiento con pastoreo rotativo. Al 17 de septiembre el pastizal se encontraba en reposo debido a la intensa sequía.

La información de producción de materia seca se evaluó en forma estacional tomando el período desde el 17 septiembre de 2008, fecha en que se instalaron las jaulas. El primer corte se realizó en diciembre de ese año, sumando los cortes de abril y hasta el 14 de octubre de 2009, totalizando un período de 393 días. Estos datos se comparan con los del último período de evaluación que va desde el 20 de septiembre de 2011 como última fecha de corte correspondiente al período anterior, hasta el 31 de octubre de 2012, totalizando 406 días para la estimación de materia seca producida. La comparación de medias entre el primero y último período mostró diferencias significativas en tratamiento y testigo para malezas y forrajeras ( $p \leq 0,0146$ ) (**Tabla 16**).

**TABLA 16.** Producción materia seca herbácea inicial y final en BS (kg MS ha<sup>-1</sup>)

Período		Inicio	Fin
Tratamientos		(17-09-08 a 14-10-09)	(20-09-11 a 31-10-12)
Tratamiento	Forrajeras	1432b	2230a
	Malezas	105b	360a
Testigo	Forrajeras	1249b	3495a
	Malezas	18b	35a

Letras distintas, por fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

El sitio BD se encontraba bajo pastoreo continuo a la fecha en que se colocaron las jaulas, que permanecieron en el lugar hasta febrero de 2010.

Por razones locales no se pudieron mantener las jaulas de muestreo, por lo tanto se realizaron muestreos de la disponibilidad de la materia seca tanto de forrajeras como de malezas, por lo que no se pudieron realizar comparaciones estadísticas. Los datos de la temporada inicial corresponden a 458 días mientras que en la etapa final se tomaron los valores medios entre todas las fechas de muestreo. El manejo del pastoreo es diferencial en cada situación; rotativo largo en el área de tratamiento y continuo en testigo, reflejando valores muy diferentes para las forrajeras y malezas. Por otra parte, en el área de tratamiento el cambio de manejo del pastoreo con una condición previa de pastizal degradado, produjo un incremento de malezas (**Tabla 17**).

**TABLA 17.** Producción y disponibilidad de materia seca herbácea inicial y final en BD (Kg MS ha<sup>-1</sup>)

Período		Inicio	Fin
Tratamientos		(17-09-08 a 09-12-09)	(06-12-11 a 14-11-12)
Tratamiento	Forrajeras	948	2831
	Malezas	32	163
Testigo	Forrajeras	0	793
	Malezas	0	34

El PSB donde se realizó la investigación está dividido en cuatro lotes practicándose pastoreo rotativo racional. Al 17 de septiembre no había materia seca disponible en ninguno de los lotes como consecuencia del déficit hídrico de la época.

Los valores de la primera etapa abarcaron un período de 466 días y los de la última etapa comprendieron 406 días. Para las forrajeras hubo diferencias significativas tanto en tratamiento como en testigo (valor  $p \leq 0,0208$ ) mientras que para las malezas se verificaron diferencias significativas en testigo (valor  $p = 0,0203$ ) y en tratamiento no hubo diferencias (valor  $p = 0,0525$ ) (**Tabla 18**).

**TABLA 18.** Producción materia seca herbácea inicial y final en PSB (kg MS ha<sup>-1</sup>)

Período		Inicio	Fin
Tratamientos		17-09-08 a 17-12-09	05-10-11 a 14-11-12
Tratamiento	Forrajeras	2436b	5236a
	Malezas	44a	148a
Testigo	Forrajeras	1141b	5339a
	Malezas	12b	352a

### III.8. Suelos

En el año 2008, se procedió al reconocimiento de los perfiles de suelos representativos de cada uno de los sitios. En dos casos se trata de Pelludertes argiudólicos, correspondiente a la Serie Ramblones, en el RA y BS y a la Serie Federal, en el BD. Pertenecen a la familia fina montmorillonítica térmica.

El epipedón está compuesto por los horizontes A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub>, alcanza profundidades entre 25 y 39cm con características texturales franco limosa a franco arcillo limosa. El otro suelo, en el PSB, se identifica como Argiacuol vértico, pobremente drenado, no calcáreo. El rasgo dominante es la heterogeneidad del espesor del epipedón. Presenta un típico microrrelieve de altos y bajos conformado por pequeñas depresiones y elevaciones con altura entre 5 y 8cm.

**TABLA 19.** Valores de MO, CO, N total, NO<sub>3</sub>, N disponible, pH, relación C/N, y P disponible al inicio y finalización en testigo y tratamiento en RA

Parámetros	Tratamiento			Testigo			Tratamiento & Testigo (fin) (%)
	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	
pH	6,97	6,59	-5	6,96	6,47	-7	1
CO %	1,72	2,16	26	1,62	2,16	33	0
MO %	2,97	3,73	26	2,8	3,73	33	0
N total %	0,173	0,204	18	0,168	0,229	36	-12
C/N	9,94	10,58	6	9,64	9,43	-2	12
P disp. mg/kg	2,1	3,3	57	2,7	3,7	37	12
NO <sub>3</sub> mg/kg	2,5	9,6	284	1,6	3,5	118	174
N disp. kg/ha	1,9	7,2	278	1,2	2,6	116	176

De las evaluaciones realizadas en el RA, se observa un aumento en CO, MO, N total, C/N y P disponible, para tratamiento de hasta un 57% (P disponible). El testigo mostró aumentos de hasta el 67% (C/N). Sin embargo, comparando los valores finales de tratamiento y testigo, éstos son similares o con diferencias de hasta un 12%, siendo negativo en el caso de nitrógeno total. En nitratos y nitrógeno disponible, tanto en tratamiento como en testigo se produjeron incrementos sustanciales al final del período de estudio, siendo más amplio en tratamiento. Probablemente esta semejanza en los parámetros al finalizar el periodo para tratamiento y testigo, sea producto de la gran cantidad de hojas caídas en el suelo después de varios años de recuperación (**Tabla 19**).

En el BS, los resultados de los análisis muestran que para el caso del tratamiento, se dio un incremento en los valores de los parámetros de hasta un 24% (MO y N total), aunque se observó que la relación C/N disminuyó un 7%. En el caso del testigo, los incrementos fueron mucho mayores, de hasta el 89% para N total, mientras que para CO y MO fue del 43%, el P disponible se incrementó un 15% y la relación C/N y pH disminuyeron. Las fracciones de nitratos y nitrógeno disponible tuvieron diferencias positivas en tratamiento y en testigo, siendo mucho más amplias en tratamiento.

En la comparación a la finalización del ensayo entre tratamiento y testigo, las diferencias son pequeñas. Los parámetros pH, y C/N se incrementaron en un 0,5 y 7%, respectivamente. Mientras que P disponible, MO, CO y N total, muestran un descenso (**Tabla 20**).

**TABLA 20.** Valores de MO, CO, N total, NO<sub>3</sub>, N disponible, pH, relación C/N, y P disponible al inicio y finalización en testigo y tratamiento en BS

Parámetros	Tratamiento			Testigo			Tratamiento & Testigo (fin) (%)
	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	
pH	6,30	6,30	0	6,38	6,27	-2	0,5
CO %	2,65	3,05	15	2,31	3,3	43	-8
MO %	4,25	5,25	24	3,98	5,68	43	-8
N total %	0,25	0,309	24	0,189	0,358	89	-16
C/N	10,6	9,87	-7	12,2	9,21	-32	7
P disp. mg/kg	4,01	4,2	5	3,91	4,5	15	-7
NO <sub>3</sub> mg/kg	20,2	26,8	32	4,5	4,8	7	458
N disp. kg/ha	17,2	20,0	16	3,2	3,6	12	455

Los datos analíticos en el RA y BS, en un suelo Peluderte argiudólico, permiten inferir que hubo una actividad agrícola muy intensa, con una marcada inversión de horizontes producidos por el arado, con perturbaciones manifiestas de las condiciones químicas nutricionales de los suelos, con la destrucción del epipedon mólico.

Comparando los resultados entre años en el BD, se observa en el tratamiento valores mayores para CO, MO, N total, C/N, Nitratos, N disponible y P disponible al finalizar el periodo de estudio de hasta un 137%. Esta situación fue debida a la recuperación de la estructura de los pastizales, que mejoraron la calidad del suelo.

En el testigo, la situación fue opuesta al finalizar el estudio, observándose una disminución en los valores para dichos parámetros del orden de hasta un 28%, con excepción de Nitratos y N disponible que tuvieron un cambio positivo muy importante.

Las diferencias entre tratamiento y testigo al final de la experiencia mostraron valores positivos en favor del tratamiento, salvo en el valor de pH (**Tabla 21**).

**TABLA 21.** Valores de MO, CO, N total, NO<sub>3</sub>, N disponible, pH, relación C/N, y P disponible al inicio y finalización en testigo y tratamiento en BD

Parámetros	Tratamiento		Testigo			Tratamiento & Testigo (fin) (%)	
	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	
pH	5,88	5,56	-5	5,95	5,88	-1	-6
CO %	2,92	4,79	64	4,11	3,21	-28	49
MO %	5,04	8,25	64	7,08	5,53	-28	49
N total %	0,276	0,368	33	0,32	0,258	-24	43
C/N	10,57	13,01	23	12,84	12,44	-3	4
P disp. mg/kg	3,5	5,4	54	3,8	3,6	-5	50
NO <sub>3</sub> mg/kg	5,14	12,2	137	2,8	11,5	310	6
N disp. kg/ha	3,83	9,1	137	2,1	8,6	310	6

De la comparación entre años, en el PSB se observaron incrementos porcentuales en los valores de los parámetros de hasta el 39%, a excepción de C/N y P disponible donde se dio una disminución de hasta el 9%, en tratamiento. Para el testigo, la comparación mostró que los incrementos en el tiempo no superan el 14% para los primeros parámetros, mientras que en nitratos y nitrógeno disponible fueron muy marcados y N total mostró una disminución de un 10%.

Los análisis de suelo revelan valores mayores en los parámetros evaluados para tratamiento y testigo al finalizar el periodo de estudio, desde un 31 hasta un 41%, a excepción del pH, donde solo se aprecian aumentos de 0,5%; en tanto que relación C/N tuvo valores negativos del orden del 5% y nitratos y nitrógeno disponible mostraron diferencias negativas importantes para tratamiento (**Tabla 22**).

Se considera que, en todos los sitios, el contenido de P disponible es bajo, con pH levemente ácido, con buenos contenidos en MO y con deficiencias severas en nitratos y N disponible debido a que las muestras fueron extraídas en invierno. Además, la depresión biológica del N a nivel NO<sub>3</sub> es máxima cuando se produce una intensa actividad biológica de transformación del material orgánico, ya que los organismos toman el NO<sub>3</sub> y luego lo reciclan. En definitiva es una variable que depende de las condiciones edafoclimáticas.

**TABLA 22.** Valores de MO, CO, N total, NO<sub>3</sub>, N disponible, pH, relación C/N, y P disponible al inicio y finalización en testigo y tratamiento en PSB

Parámetros	Tratamiento			Testigo			Tratamiento & Testigo (fin) (%)
	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	2008	2013	Diferencia inicio –fin (%)	
pH	5,88	6,25	6	5,73	6,22	8	0,5
CO %	2,59	3,32	28	2,46	2,54	3	31
MO %	4,46	5,73	28	4,24	4,38	3	31
N total %	0,229	0,318	39	0,256	0,232	-10	37
C/N	11,31	10,44	-8	9,6	10,94	14	-5
P disp. mg/kg	5,7	5,2	-9	3,4	3,7	9	41
NO <sub>3</sub> mg/kg	2,8	3,0	7	2,2	7,4	236	-146
N disp. kg/ha	2,1	2,3	9	1,7	5,6	229	-143

#### IV. Conclusiones

Las áreas estudiadas, con serie de suelos e historias de uso diferentes (desmonte, agricultura, abandono, fuego, sobrepastoreo), reflejan una estructura vegetal distinta en el tiempo y en el espacio. Los estados de las zonas estudiadas así lo manifiestan.

Sobre los bosques del Distrito del Ñandubay entrerriano analizados no fue posible detectar la presencia de *P. alba* en el banco de semillas, en tanto que *P. nigra* y *P. affinis* aparecen en bajo número. Estos bosques podrían no regenerarse naturalmente en su contexto actual de utilización, bajo un pastoreo continuo con exceso de carga animal.

Bajo las condiciones estudiadas de siembra directa, el mejoramiento del sustrato y el micro-hábitat no favorecen la supervivencia de las especies. La depredación borra los efectos que las condiciones de siembra podrían tener en la supervivencia de las especies tornando poco exitosa la regeneración por siembra directa. El tiempo del trabajo en condiciones de sequía no fue suficiente para determinar si se puede recomendar la siembra directa como técnica de recuperación.

Como en toda plantación forestal en nuestra zona, se recomienda la plantación en primavera y otoño, momentos en que se suavizan las temperaturas y mejoran las precipitaciones. Las especies con mayor porcentaje de sobrevivencia en orden decreciente son *P. chilensis*, *P. alba* y *P. affinis*.

Dentro de los métodos más prácticos y de mejor resultado por lo económico para la protección de los plantines, la cobertura con ramas que los resguardan del consumo animal, de plagas y de la evapotranspiración fue la más efectiva.

La capacidad de regeneración del bosque en su primera etapa sucesional, luego del abandono del cultivo, se tradujo en un crecimiento significativo del tamaño de los ejemplares de *A. caven* en el término de seis años. En las primeras etapas sucesionales se regeneró el bosque a partir de *A. caven* como pionera de las leñosas arbóreas nativas. En bosques en etapa sucesional más avanzada, no todas las especies arbóreas se regeneran naturalmente en las condiciones de uso impuestas.

Las prácticas de recuperación del bosque resultaron en variaciones positivas para el tapiz herbáceo, especialmente en la proporción y productividad de las especies forrajeras.

En sitios donde se permitió la regeneración arbórea y se aplicaron prácticas silvícolas de mejoramiento del bosque, las condiciones edáficas mejoraron. Las técnicas de reforestación con plantines aplicadas con el fin de recuperar las zonas deforestadas son factibles de realizar por los productores. La falta de concientización de los propietarios de la tierra, acostumbrados a la cría de ganado, hace

que se muestren, muchas veces, escépticos a las prácticas de la silvicultura. Se debería estimular con incentivos el compromiso por parte de estos para reforestar con especies autóctonas.

Mejorar el ambiente también genera un mayor bienestar animal que es decisivo en su productividad, por lo cual se debe regular y diseñar la disposición de las plantas de tal manera que pueda permitir el paso de maquinaria agrícola para sembrar, cosechar o facilitar el manejo de la hacienda.

La presencia del bosque potencia la aparición y mayor utilización de productos forestales no maderables. En tal sentido, la diversificación de la producción y el desarrollo de modelos de uso de la tierra alternativos se vislumbran como caminos posibles para alcanzar sistemas de uso sustentables en un sentido amplio de los establecimientos.

Los trabajos con forestación de especies nativas son de largo plazo; aquí solamente se han sentado algunas bases de su comportamiento y se aconseja continuar y apoyar las investigaciones en este sentido. La meta es proteger el ambiente, al hombre y conservar los recursos.

### Referencias bibliográficas

1. ROMERO, E. C.; ZUFIAURRE, J. L. Determinación del área ocupada por bosques nativos en la provincia de Entre Ríos mediante la aplicación de herramientas SIG. En *Bases para la conservación de suelos y aguas en la cuenca del río Paraná*. Ed. Paz González, A. Impresos S. A. Santa Fe. Argentina; 2006. p. 93-99.
2. SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. Primer inventario nacional de bosques nativos - Informe regional espinal segunda etapa. Inventario de campo de la región del Espinal distritos caldén y ñandubay. 2007. 154 p.
3. COIRINI, R.; ZAPATA, R.; SIMÓN, M. P.; BAUDO, F.; CONTI, G.; PLENCOVICH, C.; et al. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos PIARFON, Región Forestal Espinal. Ministerio de Salud. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina - Banco Mundial N° 4085-AR. Informe Final. 2006. 2: 210-275.
4. ALESSANDRIA, E.; LEGUÍA, H.; PIETRARELLI, L.; ZAMAR, J.; SÁNCHEZ, J.; LUQUE, S.; et al. *La Condición de los sistemas agrícolas. Un enfoque explicativo de su evaluación y manejo*. Córdoba; 2005. p. 1-39.
5. DE PETRE, A.; CASERMEIRO, L. Índice de sustentabilidad de los suelos para agruparlos por su aptitud silvopastoril de un bosque nativo del Distrito Ñandubay, Prov. del Espinal. En *Actas del 2º Congreso Nacional de Protección y Manejo Sustentable del Bosque Nativo*. Villaguay. Entre Ríos, Argentina, 27-29 de octubre. 2011. p. 83.
6. CASERMEIRO, J. Indicadores e índices de sustentabilidad de un bosque nativo del Distrito Ñandubay de la Provincia del Espinal. Argentina. En *Actas del 2º Congreso Nacional de Protección y Manejo Sustentable del Bosque Nativo*. Villaguay, Entre Ríos, Argentina, 27-29 de octubre. 2011. p. 39-47.
7. MORIN, P.; DE PETRE, A.; CASERMEIRO, J. Biodiversidad de microartrópodos como indicadora de la calidad de los suelos negros arcillosos bajo un bosque nativo del Espinal. Argentina. En *Actas del XIII Congreso Forestal Mundial*. Bs. As. Argentina. 18-23 de octubre. 2009. CD.
8. CASERMEIRO, J.; KARLIN, U.; PENSIERO, J.; COIRINI, R.; ZAPATA, R.; SPAHN, E.; et al. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos PIARFON, Región Forestal Espinal. Ministerio de Salud. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina - Banco Mundial N° 4085-AR. Oro Verde. Entre Ríos. 2004.
9. CASERMEIRO, J.; KARLIN, U.; PENSIERO, J.; COIRINI, R.; ZAPATA, R.; SPAHN, E.; et al. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Proyectos de Investigación Aplicada a los

- Recursos Forestales Nativos PIARFON, Región Forestal Espinal. Ministerio de Salud. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina - Banco Mundial N° 4085-AR. Informe Final. Oro Verde. Entre Ríos. 2006. 1: 1-22.
10. DE PETRE, A.; STEPHAN, S. *Características pedológicas y agronómicas de los Vertisoles de Entre Ríos*. Argentina. Facultad de Cs. Agropecuarias. UNER. 1998.
  11. CASERMEIRO, J.; SPAHN, E.; DE PETRE, A.; VALENTI, R. Relación entre la estructura de un sistema arbóreo natural y el balance hídrico y nutricional del suelo. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 2001; XII(23): 177-215.
  12. BASKIN, C.; BASKIN, J. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, California. *Academic Press*. 2000. 682 p.
  13. VILLAGRA, P. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina*. 2000; 9: 21-37.
  14. MONTENEGRO, A.; ÁVILA PARRA, Y.; MENDIVELSO, H.; VARGAS, O. Potencial del banco de semillas en la regeneración de la vegetación del humedal Jaboque, Bogotá, Colombia. *Ecología*. 2006; 28: 285-306.
  15. CAMPANA CAMARGO, J.; KOSSMAN FERRAZ, I.; IMAKAWA, A. Rehabilitation of Degraded Areas of Central Amazonia Using Direct Sowing of Forest Tree Seeds. *Restoration Ecology*. 2002; 10: 636-644.
  16. DI MICHELE, M.; BRAY, L.; MOUNIR, S.; ALI, A.; NASSER, N. Faisabilité du semis direct d'arbres à usages multiples. In: *Quel avenir pour l'amélioration des plantes*. Dubois, J. & Demarly, Y. éd., John Libbey Eurotext, Paris. 1995. p. 448-459.
  17. WILLOUGHBY, I.; JINKS, R.; KERR, G.; GOSLING, P. Factors affecting the success of direct seeding for lowland afforestation in the U. K. *Forestry*. 2004; 7: 467-482.
  18. HABIT, M.; CONTRERAS, D.; GONZÁLEZ, R. (1981). *Prosopis tamarugo: arbuste fourrager pour zones arides*. Rome: FAO. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/006/AD319F/AD319F00.HTM>> [10 diciembre 2008].
  19. KARLIN, U. Las leñosas en los sistemas de Producción Ganadera: El Algarrobo. En *III Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas*, CADIA, Catamarca. 1984. p. 84-101.
  20. GALERA, F. *Las especies del género Prosopis (Algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. 2000. 269 p.
  21. KARLIN, U. Importancia del árbol en la producción animal (Subtrópico Seco Argentino). En *IV Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas áridas y Semiáridas*. Salta, abril de 1985. p. 141-179.
  22. CASERMEIRO, J.; SPAHN, E.; DE PETRE, A.; VALENTI, R. Influencia del bosque de Prosopis y Acacia sobre la calidad del pastizal natural. En *Actas Primer Simposio Nacional sobre Suelos Vertisoles*. F.C.A. U.N.E.R. Oro Verde, Paraná, Entre Ríos. 1999. p. 71-72.
  23. DE PETRE, A.; MONTIEL, M.; ALÍ, S.; LIND, B.; HERNÁNDEZ, J. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos PIARFON, Región Forestal Espinal. Ministerio de Salud. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Argentina - Banco Mundial N° 4085-AR. Informe Final. Oro Verde. Entre Ríos. 2006. 5: 606-614.
  24. CABRERA, A. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. 2ª edición. Tomo 2. Fas. 1. E. Acme. SACI. Bs. As. 1976.
  25. PASSERA C.; DALMASSO, A.; BORSETTO, O. Método de Point Quadrat Modificado. *Taller sobre arbustos forrajeros de zonas áridas y semiáridas*. FAO - IADIZA. 1983. p. 135-151.
  26. CASERMEIRO, J.; SPAHN, E.; RONCONI, A. *Evaluación de Bosques y Pastizales Naturales*. Cátedra Pastizales Naturales. 4ª Ed. Proyecto Manejo y Mejoramiento de Campos Naturales (PROMMECAN). F.C.A. U.N.E.R. Oro Verde. Entre Ríos. 2011.

27. DI RIENZO J.; CASANOVES F.; BALZARINI, M.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2013. URL [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).
28. BOSQ, J. Segunda lista de coleópteros de la República Argentina, dañinos a la agricultura. *Ingeniería Agronómica*. 1942; IV(19): 56-57.
29. FIORENTINO, D.; DIODATO, L. Breve panorama de las plagas entomológicas forestales argentinas. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*. España. 1991. 16: 181-190.