



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

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

ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS DE REFORESTACIÓN EN BOSQUE DE
CALDÉN, *PROSOPIS CALDENIA* BURKART, EN UN CONTEXTO DE
REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

AUTOR: NICOLÁS M. BISTOLFI

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2016

PREFACIO

Esta tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra institución académica. Se llevó a cabo en la cátedra de Dasonomía dependiente del Departamento de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis. Durante el período comprendido entre febrero del 2014 y abril del 2016, bajo la dirección de la Dra. Bogino, Stella Marys y la co-dirección del Msc. Esteban Dussart y de La Iglesia.

.....
Fecha

.....
Firma

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis Directora y Co-Director por su ayuda, predisposición y entusiasmo en todas las etapas de realización de la tesina, y por brindarme su conocimiento sin egoísmos.

Agradezco también a:

- La Universidad Nacional de La Pampa, y en especial, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la formación académica otorgada y por permitirme llevar a cabo la tesina.
- La Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis por su invaluable ayuda.
- La Cabaña Curacó, por permitirme realizar las experiencias de campo en su predio.
- A los evaluadores, por las correcciones y opiniones constructivas.
- A mi familia, por apoyarme y darme la posibilidad de estudiar lo que elegí.
- A mis amigas y amigos, por su grata compañía y los momentos compartidos.

RESUMEN

Los estudios sobre trabajos de restauración y rehabilitación ecológica de los bosques proveen información sobre los métodos más eficientes para recuperar estos ecosistemas en escalas de tiempo razonables, enfocándose en el restablecimiento de las especies arbóreas que los estructuran naturalmente. La degradación y deforestación de los bosques de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) en la región fitogeográfica del Espinal, se ha acentuado en las dos últimas décadas. En esta tesina se comparan la sobrevivencia de plántulas de caldén y algarrobo (*Prosopis flexuosa* DC) a campo después de siembra de semillas, y de trasplante de plántulas con el establecimiento natural atribuido a la presencia de bovinos. En algunos casos se analizaron también las tasas de crecimiento. Los resultados demostraron una baja sobrevivencia para semillas y plántulas. Aunque los plantines tuvieron mayor sobrevivencia, presentaron serias dificultades para su desarrollo en el campo, mientras que la regeneración natural asistida por el ganado vacuno se mostró como el método más viable. La restauración por resiembra o trasplante de caldenes y algarrobos es factible pero su éxito depende, tanto a las características de la metodología que se aplique, como a los factores ambientales que condicionan el crecimiento y la supervivencia.

ABSTRACT

Studies on the ecological restoration and rehabilitation of forests provide information on the most efficient methods to recover these ecosystems in reasonable time scales, focusing on the reestablishment of their native tree populations. Deforestation and degradation of the caldén forests (*Prosopis caldenia* Burkart) in the phytogeographic region of the Espinal has increased in the last two decades. In this thesis, we compared the survival rates of caldén and algarrobo (*Prosopis flexuosa* DC) seedlings after sowing seeds and transplanting seedlings in field together with those of its natural regeneration attributed to cattle dispersion. Growth rates were also analyzed in some cases. The results show low survival rates for all experimental trials on field. Seedlings had higher survival rates than sowed seeds but showed serious difficulties for their further development, while regeneration brought by cattle was found to be more viable. We conclude that active restoration by replanting or transplanting caldén and algarrobo is feasible, but its success is closely linked both to the characteristics of the methodology applied as well as to environmental factors.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS | 5 |
| 2.1 Hipótesis | 5 |
| 2.1.1 Hipótesis 1 | 5 |
| 2.1.2 Hipótesis 2 | 5 |
| 2.1.3 Hipótesis 3 | 5 |
| 2.2 Objetivos | 5 |
| 2.2.1 Objetivo general | 5 |
| 2.2.2 Objetivos específicos | 5 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| 3.1 Área de estudio | 6 |
| 3.1.1 Ubicación | 6 |
| 3.2.2 Suelo | 6 |
| 3.2.3 Clima | 7 |
| 3.2.4 Fauna de mamíferos | 7 |
| 3.2 Reseña histórica y situación actual del área de estudio | 8 |
| 3.3 Diseño experimental | 9 |
| 3.4 Tratamientos | 10 |
| 1 Semillas caldén abril y 2 Semillas algarrobo abril | 10 |
| 3 Plántulas caldén abril y 4 Plántulas algarrobo abril | 11 |
| 5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre | 12 |
| 7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre | 13 |
| 9 Plantines caldén noviembre y 10 Plantines algarrobo noviembre | 13 |
| 11 Reforestación 2012 | 15 |
| 12 Regeneración espontánea | 16 |
| 3.5 Recolección de datos | 16 |
| 3.6 Análisis de datos | 17 |
| 4 RESULTADOS | 18 |
| 1 Semillas caldén abril y 2 Semillas algarrobo abril | 18 |
| 3 Plántulas caldén abril | 18 |
| 4 Plántulas algarrobo abril | 20 |
| 5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre | 22 |
| 7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre | 23 |
| 9 Plantines caldén noviembre y 10 Plantines algarrobo noviembre | 23 |
| 11 Reforestación 2012 | 25 |
| 12 Regeneración espontánea | 27 |
| 5 DISCUSIÓN | 30 |
| 6 CONCLUSIONES | 34 |
| 7 BIBLIOGRAFÍA | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Situación geográfica del predio donde se realizaron los ensayos y mapa de curvas de nivel con parcela delimitada. | 6 |
| Figura 2. Comparación de las precipitaciones promedio de Gral. Acha y Ea. Maracó Chico del año 2014. Los datos climáticos fueron obtenidos de la Administración Provincial del Agua de la provincia de La Pampa y de la estación meteorológica ubicada en la Ea. Maracó Chico, respectivamente. | 7 |
| Figura 3. Aspecto del predio previo a la reforestación que muestra la fisonomía sabánica del lugar y la dominancia de flechilla negra (<i>Piptochaetium napostaense</i>) de alto valor forrajero, en el estrato herbáceo. | 9 |
| Figura 4. Franja desmalezada para la realización de un tratamiento. | 10 |
| Figura 5. Siembra de semillas en proceso de germinación, tratamientos 1 y 2. | 11 |
| Figura 6. Plantación de plántulas, tratamientos 3 y 4. | 12 |
| Figura 7. Plantines puestos a rusticar en vivero cercano al predio por reforestar. | 14 |
| Figura 8. Izq.: Sitio de plantación. Der.: Plantín con protección de malla metálica. | 15 |
| Figura 9. Medición de altura de renuevo de caldén durante el muestreo realizado para el tratamiento 12, Regeneración espontánea | 17 |
| Figura 10. Imagen del día 26/04/2014. Se observan semillas que fueron desenterradas de los sitios de muestras de los tratamientos 1 y 2. El embrión se encuentra saliendo del tegumento y la radícula posee hasta 2cm de longitud. | 18 |
| Figura 11. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 3 Plántulas caldén abril. | 19 |
| Figura 12. Evolución promedio de alturas y desvío estándar del tratamiento 3 Plántulas caldén abril. | 19 |
| Figura 13. Imagen del día 26/04/2014, se observa una plántula de caldén dañada por una helada. | 20 |
| Figura 14. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril. | 20 |
| Figura 15. Evolución promedio de alturas y desvío estándar, tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril. | 21 |
| Figura 16. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 3 y 4. | 21 |
| Figura 17. Fracción porcentual de mortalidad sobre el 100% del total, registrada en cada censo para tratamientos 3 y 4. | 22 |
| Figura 18. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 5 y 6. | 22 |
| Figura 19. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 7 y 8. | 23 |
| Figura 20. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparadas entre tratamientos 9 y 10. | 24 |

- Figura 21. Plantín de caldén ramoneado en su ápice (a). Plantín de caldén ramoneado, quebrado, con una parte seca de 10 cm aproximadamente aún adherida (b). Plantín de caldén desenterrado por completo, encontrado al lado de la estaca que marcaba su posición y numeración (c). 25
- Figura 22. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 11 Reforestación 2012. 26
- Figura 23. Evolución promedio de alturas y desvío estándar del tratamiento 11 Reforestación 2012. 26
- Figura 24. Foto tomada en el mes de abril del 2014 en simultáneo con el inicio de los tratamientos de otoño. Se observan eses de ganado vacuno con semillas de caldén y una germinación pronta a la apertura de cotiledones. 27
- Figura 25. Muestra de la presencia de ganado vacuno en el predio y la fisonomía del bosque. 28
- Figura 26. Fuste principal de caldén joven muerto por desprendimiento de corteza, con rebrote a partir de yemas basales (a). Planta dañada por ciervos con desprendimiento de ramas y corteza (b). Sección de raíz pivot de caldén usada para determinar la edad de la planta través de la lectura de anillos de crecimiento (c). 29

1. INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas son áreas en las cuales la evapotranspiración potencial excede a la precipitación media anual, es decir, lugares donde las entradas de agua al sistema son menores que sus salidas (Ravelo *et al.*, 2011). En la Argentina, ocupan aproximadamente 2/3 de la superficie terrestre del país (Cabrera y Willink, 1980). Los procesos de explotación en estos ambientes han estado históricamente alineados a una lógica extractivista, que ha priorizado la rentabilidad a corto plazo sin considerar las tasas de renovación de los recursos, ni los efectos ecológicos de estos cambios. Considerando las características intrínsecas de estos ambientes y los agentes de perturbación, es posible plantear estrategias alternativas para combatir la desertificación, éstos son: restauración o rehabilitación (Rovere y Masini, 2013).

La Restauración Ecológica es el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido y la recuperación de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y de estructura de la comunidad; en tanto la Rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema (SER, 2004). Según Sanchez (2005) existen dos condiciones *sine qua non* para lograr que los trabajos de restauración y rehabilitación coloquen a los ecosistemas en trayectorias deseables, las mismas son: “la remoción o reducción al mínimo de las causas que originaron el deterioro y la reconsideración efectiva de aquellas actividades humanas que originaron esas causas de daño, buscando la mayor compatibilidad posible de las actividades humanas con el funcionamiento ecosistémico”, resaltando la importancia de generar soluciones para conciliar las actividades humanas con la permanencia de un entorno natural viable en el largo plazo.

Tanto la restauración como la rehabilitación tratan de generar sistemas capaces de auto-mantenerse, de integrarse en su contexto, e incluso, de evolucionar (Zamora, 2002), compartiendo la característica del uso de especies de plantas nativas, fundamentalmente aquellas que son las estructuradoras de los ecosistemas en cuestión. Los estudios previos sobre la recuperación de zonas áridas y semiáridas destacan las actividades de restauración activa y la investigación básica con plantas como principal objeto de estudio (Rovere y Masini, 2013).

Históricamente, mientras los grupos humanos fueron nómades y cazadores, el uso de los recursos normalmente no se veía afectado de manera severa. A medida que se establecieron y desarrollaron civilizaciones agrícolas, el uso de los territorios se intensificó y generó la preocupación de mantener disponibles aquellos recursos no cultivables, como la caza, leña, frutos silvestres, entre otros (Sanchez, 2005). Existen evidencias de que grupos indígenas en América, desarrollaron prácticas de manejo que apuntaban a restaurar los daños generados por el uso de las tierras y los recursos bióticos (Nabhan, 2003; Fowler *et al.*, 2003). En el continente europeo pueden hallarse ejemplos de intentos de restauración ecológica antes de la Revolución Industrial. Estas prácticas se intensificaron a partir de la

segunda mitad del siglo XX, debido al incremento del uso de los recursos del planeta y su consecuente deterioro (Sanchez, 2005).

La acelerada pérdida de bosques en el mundo dio lugar a la generación del concepto “Restauración del Paisaje Forestal”, que incluye como criterios el valor cultural de los ecosistemas forestales, además de los ecológicos generales y contempla un paquete de soluciones para la restauración, tales como las técnicas agroforestales, enriquecimiento por plantación o la regeneración natural, además de abarcar el análisis de las políticas, la formación y la investigación (Maginnis et al., 2007; Mansourian, 2005). Esta noción permite abordar el proceso de restauración con paisajes esperados, los cuales pueden diferir de los prístinos, planteando metas más flexibles donde se ponen en contexto elementos sociales, económicos y biológicos. Incluso este concepto ha sido redefinido para mosaicos de paisajes, donde se contemplan distintos usos y manejos de los ecosistemas naturales y del suelo, en tanto la restauración clásica da mayor relevancia a la fidelidad histórica del ecosistema (Aldrich et al. 2004).

En la actualidad, los trabajos de restauración han ganado importancia ayudando a mejorar el estado de conservación de ecosistemas incluso fuera de las áreas protegidas, resultando un complemento necesario para la conservación de los recursos, habilitando la continuidad en los paisajes y estimulando la dinámica de la fauna. Sin embargo, se trata de una disciplina en construcción en todo el mundo y de reciente aplicación en Latinoamérica, con escasas experiencias en Argentina. Sus conceptos si bien se han unificado en un documento (SER, 2004), son eventualmente redefinidos por autores para abordar mejores soluciones que sean efectivamente ejecutables en la práctica. Tal es así que Sánchez (2005) define a la restauración ecológica como “Práctica de acciones orientadas a propiciar una trayectoria de restablecimiento de un ecosistema previamente alterado, en compatibilidad con las condiciones actuales y con la historia biológica del entorno, tal que enfatice una recuperación significativa de sus atributos originales, de su composición taxonómica, de rasgos estructurales y de funciones generales”.

En Argentina, los bosques xerófilos de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) se ubican en un área que abarca el centro y sur de la provincia de San Luis, sudoeste de Córdoba, centro de La Pampa y sur de Buenos Aires, siendo el distrito más seco de la provincia semiárida del Espinal (Cabrera, 1953; Cano, 1980). En las dos últimas décadas se ha observado un aumento de los promedios anuales de precipitaciones en el sector central de la República Argentina, que junto a la incorporación de nuevas tecnologías aplicadas al sector agropecuario y las políticas que impulsaron un modelo económico de base agroexportadora, trajeron aparejado un desplazamiento hacia el oeste de la frontera agrícola, a costa del reemplazo de los ecosistemas naturales por sistemas de cultivo intensivos (Ravelo *et al.*, 2011; Sili y Soumoulou, 2011; SAyDS, 2006).

Los bosques naturales de caldén poseen una historia de uso no sustentable, que llevó a la degradación del recurso hasta que su aprovechamiento se hizo económicamente inviable, en relación al avance de la frontera agrícola en la Argentina. En paralelo, estudios regionales en el área de distribución de estos bosques dentro de la provincia de La Pampa,

demonstraron un aumento en la cobertura de plantas leñosas en los últimos 120 años, como formaciones secundarias degradadas, post deforestación, a partir de la introducción del ganado bovino y de su régimen asociado de fuegos (Dussart *et al.*, 2015).

Las prácticas de deforestación más contemporáneas, han tenido como fin destinar áreas a usos agrícolas, apertura y ensanchamiento de picadas, o aprovechamiento del recurso forestal. Éste último se ha realizado fundamentalmente a través de podas parciales denominadas “descreme”, cuyo principal objetivo es la obtención de postes de alambrado para el mercado. Todas estas actividades constituyen un disturbio severo del ecosistema, se realizan en muchos casos sin asesoramiento técnico adecuado, sin permisos de las autoridades competentes y disminuyendo la calidad forestal de los bosques, en el caso del descreme (SAyDS, 2006). Las multas impuestas a los productores y empresas del sector rural por daños ambientales no solucionan el problema ecológico causado por la deforestación, ni restablecen los servicios ambientales que brindan los bosques. Solo la restauración y rehabilitación de los ecosistemas logran estos objetivos en un plazo de tiempo razonable a escala humana.

La recuperación de los ecosistemas ubicados en zonas áridas se dificulta ya que depende de precipitaciones altamente impredecibles y con gran variación interanual (Noy-Meir, 1973). Existe además una idea generalizada de que el éxito de la dispersión de las semillas mediante ganado vacuno en el área de los bosques de caldén es muy alto, y puede repoblar el bosque rápidamente, lo cual no está completamente evaluado y debe combinarse con ciertas condiciones climáticas (Bogino *et al.* 2015). Algunos estudios predicen una instalación efectiva y progresiva de entre 10 y 20 plantas/ha/año (Dussart *et al.*, 1998). Estos factores sumados a otras limitantes naturales tales como: períodos de vecería, herbivoría, pisoteo y tipos de suelos, hacen que la restauración pasiva luego de disturbios severos, sea, en algunos casos, extremadamente lenta (Bainbridge, 2007), y esté condicionada a pulsos de establecimiento de plantas, que pueden ser muy variables año a año.

La multiplicación en viveros de plantas del género *Prosopis*, constituye una alternativa en la región para aumentar el éxito de los trabajos de restauración y rehabilitación. Las especies de este género tienen raíces profundas, debido a que están adaptadas a ambientes con restricciones hídricas. Como consecuencia de la limitación de espacio de la maceta que los contiene, las raíces crecen de forma helicoidal, esto disminuye su aptitud para establecerse con rapidez una vez plantados (Scarone, Com. Pers.). Por otro lado, sufren un gran estrés durante el transporte, además de daños que pueden ocasionarse en su manipuleo, tales como la quebradura de la raíz pivotante, un órgano de fundamental importancia en las plantas del género *Prosopis* (Dussart, Com. Pers.).

Se necesitan periodos de rusticación largos antes de someter a una nueva situación de estrés a los plantines, en la cual se les quita la maceta y se los coloca en el sitio definitivo en el campo. Se ha registrado en algunas experiencias, luego de este proceso, una gran mortandad de plantines, lo cual incrementa notablemente los costos de la restauración y/o rehabilitación (Dussart, Com. pers.). En experiencias recientes, realizadas

en la zona del bosque de caldén de la provincia de San Luis, se han obtenido buenos resultados de sobrevivencia y crecimiento, utilizando plántulas y semillas de caldén escarificadas (Murúa, 2009).

Considerando: a) la importancia de las áreas áridas y semiáridas de Argentina dentro de las cuales está incluido el bosque de caldén, b) que este bosque ha estado afectado por distintos procesos de degradación y deforestación en los últimos dos siglos, c) que la restauración y la rehabilitación son estrategias de mucho valor para la recuperación de los ambientes degradados y d) que la reforestación puede ser parte fundamental de las tareas de restauración y rehabilitación del bosque de caldén, pero no hay información suficiente sobre la factibilidad de este proceso para estos ambientes, en esta investigación se realizó un análisis comparativo de métodos de reforestación para dos especies, caldén (*Prosopis caldenia*) y algarrobo (*Prosopis flexuosa*), en tres estadios de desarrollo: semilla, plántula y plantín, las semillas se obtuvieron de recolección, las plántulas a partir de la germinación de esas semillas y los plantines fueron adquiridos en el vivero provincial ubicado en la localidad de Santa Rosa. Por otro lado se evaluó la regeneración natural presente en el predio.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis

2.1.1 Hipótesis 1

- La tasa de supervivencia en los plantines con un periodo de rusticación largo, será mayor con respecto a los otros tratamientos ya que su mayor desarrollo radicular les permitirá aprovechar mejor la humedad del perfil del suelo y disponer de mayores reservas.

2.1.2 Hipótesis 2

- La supervivencia de plántulas, en el tratamiento de implantación de semillas será muy baja.

2.1.3 Hipótesis 3

- La regeneración natural permite repoblar el bosque en tiempo razonable.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

- Evaluar la factibilidad de la reforestación del bosque de caldén degradado en un establecimiento privado dedicado a la cría de ganado bovino, a través de la plantación y siembra de las dos especies leñosas dominantes de este sistema: caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) y algarrobo (*Prosopis flexuosa* De Candolle) como así también la repoblación de las mismas por regeneración natural.

2.2.2 Objetivos específicos

- Medir la supervivencia y mortalidad de: plantines y semillas de caldén (*Prosopis caldenia*) y algarrobo (*Prosopis flexuosa*) sometidos a los siguientes tratamientos: plantines con un periodo de rusticación largo, plántulas con al menos dos hojas verdaderas y semillas escarificadas y remojadas durante 24hs.
- Evaluar crecimiento en altura.
- Determinar ventajas y observar las dificultades que se presentan en cada tratamiento.
- Cuantificar la regeneración natural, atribuida a la dispersión endozoócora del ganado bovino, de caldén (*P. caldenia*) y algarrobo (*P. flexuosa*).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

3.1.1 Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la Estancia Maracó Chico, dentro del valle de igual nombre ($37^{\circ}32'S$, $64^{\circ}43'O$, 250 msm) perteneciente a la Cabaña Curacó S.A., ubicada en el departamento de Utracán, sección IX, fracción C, lote 17 y parcela 1 de la provincia de La Pampa, Argentina, a 20,6 km en línea recta de la ciudad de Gral. Acha, en el sector Sur del Distrito fitogeográfico del Caldenal (Cabrera, 1976; Figura 1).

La parcela donde se realizaron los ensayos es una ladera de pendiente general del 2 % aproximadamente, con exposición Sur, cercada por alambrado olímpico, lo cual impide el paso de grandes animales.

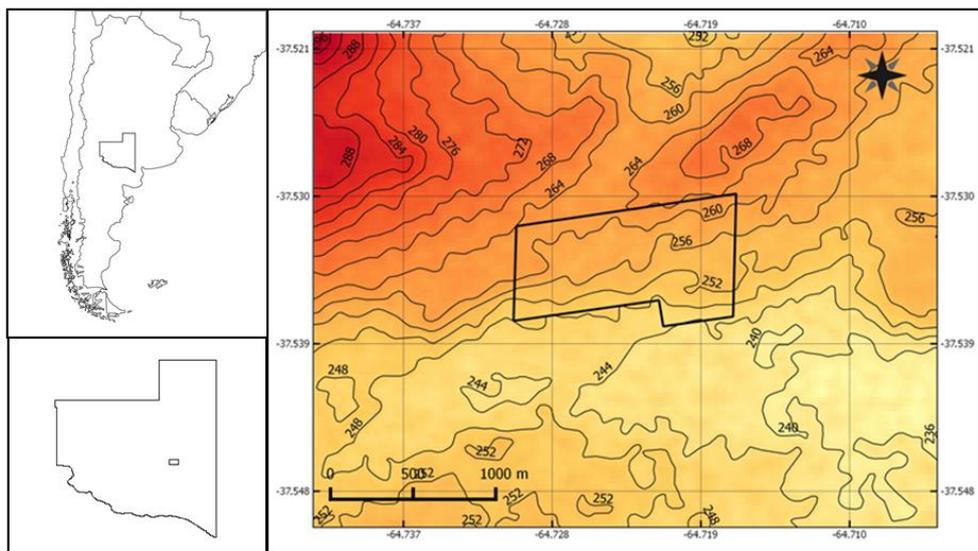


Fig. 2. Ubicación geográfica del predio y mapa de curvas de nivel de la parcela donde se realizaron los ensayos y muestreos. Los colores oscuros denotan mayor altura.

3.2.2 Geomorfología y Suelo

El área de estudio se ubica dentro de la subregión de mesetas y valles, unidad cartográfica de las pendientes y valles transversales, según el Inventario Integrado de Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (Cano, 1980). En este paisaje predominan las pendientes sobre otros elementos fisiográficos. Las mismas se encuentran recubiertas por sedimentos eólicos de textura arenosa fina que puede tener distintos espesores sobre la formación Cerro Azul (Cano, 1980). En este caso se trata de un espesor de más de 1 metro en el que se desarrolla un suelo del tipo Molisol. Las principales limitaciones de estos suelos están asociadas a una baja retención de humedad y peligros de erosión eólica e hídrica, agravada por la situación de pendientes. En el predio donde se realizó el estudio, la pendiente máxima es de 4%.

3.2.3 Clima

El clima es templado y semiárido, con una temperatura media anual de 15,2⁰C. El periodo libre de heladas es de 160 a 170 días y la precipitación media anual de 554,8 mm para el periodo 1921-2011, con notables variaciones interanuales. Las mayores precipitaciones se producen de octubre a marzo y existe un importante déficit hídrico en el periodo estival (Dirección General de Estadísticas y Censos, Provincia de La Pampa, 2014; Cano, 1980; Administración Provincial del Agua).

Los datos de precipitaciones históricos para la zona muestran gran variabilidad. Es importante destacar que en el mes de abril, momento de inicio de los primeros ensayos, las precipitaciones superaron ampliamente el promedio. En noviembre y diciembre al inicio del segundo grupo de ensayos, los valores estuvieron por debajo del promedio histórico para la región, aunque se encuentra dentro de la variabilidad esperada. Además, en estos meses inicia el período anual de mayor déficit hídrico (Cano, 1980; Figura 2).

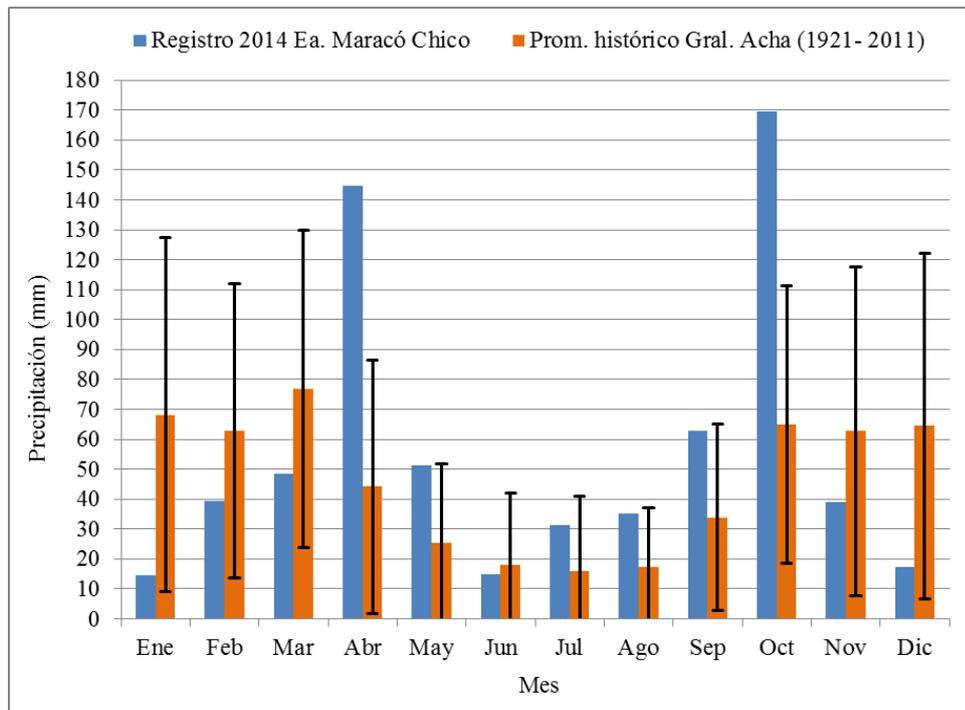


Fig. 2. Comparación de las precipitaciones promedio de Gral. Acha (1921-2011) y Ea. Maracó Chico del año 2014. Los datos climáticos fueron obtenidos de la Administración Provincial del Agua de la provincia de La Pampa y de la estación meteorológica ubicada en la Ea. Maracó Chico, respectivamente.

3.2.4 Fauna de mamíferos

En la parcela se encuentran vacas (*Bos taurus* Bojanus) en pastoreo, racionadas con alimento balanceado ocasionalmente y ejemplares de ciervo colorado (*Cervus elaphus* L.). Se observó la presencia de liebre europea (*Lepus europaeus* Pallas) durante los trabajos de campo.

3.2 Reseña histórica y situación actual del área de estudio

La fisonomía de la vegetación en el sitio de muestreo corresponde a un bosque de caldén con arbustos. En el año 2009 se realizó un desmonte y quema de residuos sin autorización, lo que dejó una cobertura arbórea menor que el 10%, motivo por el cual el rodal quedó imputado por extracción ilegal, en función de la Ley Nacional 26.331 Arts. 29 y 40. Este evento produjo una perturbación del ecosistema generando un daño, en tanto éste se define como cambios agudos en el mismo (SER 2004). Inmediatamente después del desmonte se practicó el roturado del suelo y siembra de mijo perenne (*Panicum coloratum* L.), para generar un pastizal de calidad que sirva como forraje al ganado bovino. La siembra de mijo no prosperó, pero a partir del banco de semillas disponible en el suelo, se logró regenerar un pastizal natural de calidad, con una alta densidad de flechilla negra (*Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel).

La fisonomía lograda, luego de estas intervenciones, es de árboles de caldén (*Prosopis caldenia*) y algarrobo (*Prosopis flexuosa*) aislados, ocasionalmente dañados por fuegos diversos, sobre un estrato herbáceo. Corresponde a la clase de Caldenal tipo parque o formaciones con predominio de caldén, el cual forma bosques de aspecto sabánico, en un estrato continuo de gramíneas y una escasa o nula proporción de arbustos bajos según los parámetros de la Dirección Nacional de Bosques (SAyDS, 2006; Figura 3). Este rodal quedó sin regeneración (es decir sin individuos jóvenes o pequeños), de tal forma que la distribución de clases diamétricas no se ajusta a la forma de “J invertida” esperada para un rodal en buen estado ecológico. Esta regeneración es la que se necesita para asegurar la permanencia del bosque nativo en el área de estudio. El ganado vacuno cumple un rol ambivalente, por un lado como agente de disturbio, naturalmente ajeno al ecosistema, pero también como un efectivo dispersor de semillas de caldén y algarrobo (Dussart *et al.*, 1998).



Fig. 3. Aspecto del predio previo a la reforestación que muestra la fisonomía sabánica del lugar y la dominancia de flechilla negra (*Piptochaetium napostaense*) de alto valor forrajero, en el estrato herbáceo.

3.3 Diseño experimental

Dentro de la parcela designada para la realización del experimento, se realizó, durante el mes de marzo de 2014, el desmalezamiento de cuatro franjas de 500 m de longitud con orientación Este-Oeste (perpendiculares a la pendiente general del terreno) y de 1,8 m de ancho, separadas entre sí por 10 m, consecutivas y paralelas (Figura 4). Las mismas fueron realizadas con personal y maquinaria de la empresa. Se asignó un tratamiento a cada franja y se denominaron en función del estadio, especie y mes en el que se iniciaba el tratamiento a campo: 1.Semillas caldén abril; 2.Semillas algarrobo abril; 3.Plántulas caldén abril; 4.Plántulas algarrobo abril, sobre las que se dispusieron las muestras separadas entre sí por una distancia de 10 m. Esto resulta en una matriz de plantación de 10 x 10 m.

Posteriormente, durante el mes de septiembre del 2014 se realizó el desmalezamiento de seis franjas de iguales dimensiones a las anteriores y consecutivas y paralelas a las mismas. A éstas se le asignaron los siguientes tratamientos: 5.Semillas caldén noviembre; 6.Semillas algarrobo noviembre; 7.Plántulas caldén noviembre; 8.Plántulas algarrobo noviembre; 9.Plantines caldén noviembre; 10.Plantines algarrobo noviembre.

En todos los casos mencionados, cada muestra estuvo individualizada, se identificó con una estaca de hierro de construcción de 12 mm. de diámetro, pintada de blanco, clavada en el suelo a una altura inferior a 15cm y una caravana numerada en su extremo. Los materiales mencionados fueron provistos por la empresa. Fue importante la colocación

de las estacas por debajo de la altura especificada para evitar que el ganado intente rascarse y, por lo tanto, que pisotee el lugar. La finalidad de la identificación numerada, fue facilitar el seguimiento individual de cada muestra.

El experimento quedó conformado por un total de diez tratamientos correspondientes a dos períodos de plantación, el primero durante el mes de abril y el segundo período durante el mes de noviembre. Se agregaron dos tratamientos adicionales conformados por el análisis de las plantaciones ejecutadas en el año 2012. Se evaluó además la regeneración natural en el potrero, producto principalmente de la dispersión de semillas por el ganado vacuno.



Fig. 4. Franja desmalezada para la realización de un tratamiento.

3.4 Tratamientos

1 Semillas caldén abril y 2 Semillas algarrobo abril

Para el tratamiento 1 se colectaron chauchas de caldenes en la periferia de la ciudad de Santa Rosa ($36^{\circ}42'15''S$; $64^{\circ}16'42''O$) y de algunos aledaños a la laguna Bajo Juliani ($36^{\circ}42'15''S$; $64^{\circ}16'57''O$). Para el tratamiento 2 las semillas fueron provistas por el vivero provincial.

En ambos tratamientos, previo a la siembra, se seleccionaron las semillas de mejor aspecto y sin daños en el tegumento. Cada semilla se hizo germinar, practicándole un raspado suave y poniéndola en remojo durante 24hs, período en el cuál la misma se hidrata e inicia su proceso de germinación generando una radícula de entre 1 y 2 mm.

La siembra se realizó el día 5 de abril del 2014. Para este procedimiento un operario efectuó en cada lugar indicado la limpieza de la vegetación natural con una pala en una superficie de aproximadamente 20 x 20 cm y en el centro una perforación de aproximadamente 4cm de profundidad, con un tubo de 2,5 cm de diámetro. Luego se rellenó con una mezcla de 50% suelo del horizonte superior, 25% lombricompost y 25% *Sphagnum*, y se colocó la semilla con la radícula hacia abajo, a una profundidad de entre 1 y 1,5 cm (Figura 5), para luego rellenar el espacio restante de la perforación con el sustrato mencionado. El mismo tuvo como finalidad aportar nutrientes, ayudar a conservar la humedad y prevenir la compactación.

Posteriormente, se colocó un protector de espinas para proteger a la plántula durante el período de emergencia y crecimiento de la herbivoría de mesofauna, y se realizó un riego en forma de lluvia, de aproximadamente 200 cm³ de agua, con la finalidad de que la radícula no quedara expuesta al aire de los macro poros del suelo. Durante el proceso de plantación el perfil estaba húmedo y se registraron lluvias en los días inmediatamente posteriores. Para cada uno de estos tratamientos el n=50.



Fig. 5. Siembra de semillas en proceso de germinación, tratamientos 1 y 2.

3 Plántulas caldén abril y 4 Plántulas algarrobo abril

Para estos tratamientos se prepararon las plántulas realizando una siembra de semillas hidratadas (raspadas y remojuadas durante 24hs con una radícula de 1 a 2 mm), en bandejas de tubetes de 25 cm³. La siembra se realizó el día 27 de febrero del 2014. Las semillas de caldén utilizadas se obtuvieron del pool realizado para el tratamiento 1 y las de Algarrobo fueron provistas por el vivero provincial con sede en Santa Rosa.

La plantación se realizó el 5 de abril del 2014. Las plántulas que se colocaron a campo, como norma general, debieron tener los cotiledones en buen estado, enteros, sin daños y de color verde, y por lo menos dos hojas verdaderas desarrolladas (Figura 6).



Fig. 6. Plantación de plántulas, tratamientos 3 y 4.

En cada sitio de plantación se realizó la limpieza de la broza y la vegetación en una superficie de 20 x 20 cm, aproximadamente, con una pala de mano. Allí se formó una cuenca de 15 cm de diámetro por 5 cm de profundidad en su centro donde se penetró con la pala de mano para descompactar el suelo y se ubicó la plántula. Se completaron los vanos laterales con parte del suelo que se extrajo y se realizó una leve presión para que no quedaran macroporos cerca de la raíz, que pudieran perjudicar su desarrollo. El objetivo del método aplicado fue eliminar la competencia de la vegetación cercana mediante la limpieza y dejar una pequeña cuenca que permitiera la recolección de agua de lluvia. Posteriormente, se realizó un riego de asiento en forma de lluvia, para mejorar el contacto del pan de tierra con el resto del suelo y se colocó un protector de espinas para evitar la herbivoría.

Para la plantación de caldenes el $n= 50$, mientras que para la plantación de algarrobos el $n= 31$

5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre

Para el tratamiento 5 se colectaron legumbres de caldenes ubicados en el predio a restaurar, durante el mes de abril del 2014, ya que los caldenes estaban en un período de abundante fructificación, se extrajeron las semillas de las chauchas y se conformó un pool

de las mismas. Para el tratamiento 2 las semillas fueron provistas por el vivero provincial ya que durante la temporada 2013/2014 los algarrobos no fructificaron.

En ambos tratamientos, previo a la siembra, se seleccionaron las semillas de mejor aspecto y sin daños en el tegumento. Cada semilla se hizo germinar, practicándole un raspado suave y poniéndola en remojo durante 24hs, período en el cuál la misma se hidrata e inicia su proceso de germinación, generando una radícula de entre 1 y 2 mm.

La siembra se realizó el 19 noviembre del 2014. En este caso se realizó un procedimiento parcialmente diferente al de los anteriores tratamientos con semillas. Luego de limpiar un área de 20 x 20 cm, se regó el lugar y sobre el barro formado se puso la semilla inclinada lateralmente con la radícula hacia abajo. Luego se colocó una capa de aproximadamente de 5mm de aserrín de caldén que tuvo como objetivo evitar el secado rápido del suelo y la compactación.

Para el tratamiento de Semillas de caldén el n=67, mientras que para el tratamiento de semillas de algarrobo el n= 54.

7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre

Para ambos tratamientos las plántulas fueron producidas *ad hoc* a partir del día 20 de septiembre del 2014, momento en el cual fueron puestas las semillas a hidratar, previo raspado. La producción se realizó en dos bandejas de tubetes de 25cm³, una para cada tratamiento. Las semillas utilizadas provenían de los mismos pools usados para los tratamientos 5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre.

Las plántulas producidas fueron transportadas en las bandejas al vivero de la empresa el día 6 de octubre y se dejaron al cuidado del personal de la empresa, cada una con aproximadamente 80 plántulas vivas en buen estado. Pero por descuidos por parte del personal a cargo y falta de riego solo quedaron 25 plántulas de caldén y 12 plántulas de algarrobo en estado de ser plantadas.

La plantación se realizó el 19 de noviembre del 2014. La metodología utilizada fue similar a la de las plantaciones de plántulas realizadas en el mes de abril, solo que en este caso se agregó en la micro cuenca una capa fina de aserrín de caldén luego del riego de asiento para evitar el rápido secado del suelo.

Por los contratiempos descriptos no se pudo llegar a las 50 muestras por tratamiento que se pretendían. Por lo tanto, para el tratamiento de Plántulas de caldén el n=25, mientras que para el tratamiento de plántulas de algarrobo el n= 12

9 Plantines caldén noviembre y 10 Plantines algarrobo noviembre

El día 4 de abril de 2014 se realizó la compra en el vivero provincial de la ciudad de Santa Rosa de 50 plantines de caldén y 50 plantines de algarrobo. Se seleccionaron las macetas con los individuos en mejor estado, más vigorosas y que tenían el pan de tierra compactado, para evitar que el mismo se desarme durante el transporte. Todas tenían una

estación de crecimiento (un período vegetativo cumplido) y se percibió una amplia variabilidad en las alturas de las mismas.

El día 5 de abril de 2014 se transportaron hasta el campo los plantines para ambos tratamientos, con la finalidad de comenzar el período de rusticación y adaptación luego del estrés generado por el transporte y los movimientos de carga y descarga.

El proceso de rusticación se realizó en el vivero de la empresa ubicado aproximadamente a 100m. del predio por reforestar. El mismo no posee calefacción y se utiliza para producción orgánica de hortalizas. Sobre el suelo se colocó un nylon y luego se dispusieron sobre el mismo las macetas de manera vertical, finalmente se les realizó un riego. A partir de ese momento los plantines quedaron al cuidado del personal de la empresa (Figura 7).



Fig. 7. Plantines puestos a rusticar en vivero cercano al predio por reforestar.

La plantación se realizó el día 28 noviembre del 2014, con casi 8 meses de rusticación. En primer lugar se distribuyeron los plantines en los lugares marcados, se realizó un pozo y se limpió la vegetación inmediatamente cerca del mismo. Se le retiró a cada plantín el contenedor plástico y se colocó en el pozo realizado rellenando con tierra del horizonte superior del suelo los vanos que quedaban, posteriormente se le realizó un riego de asiento de aproximadamente 4 litros a cada uno, con una cisterna tirada por un tractor y operarios de la empresa. En ambos tratamientos se prescindió de protección contra la herbivoría.

Si bien la compra en el vivero fue de 50 plantines de caldén y 50 de algarrobo, durante el período de rusticación, fundamentalmente por descuidos asociados a la falta de riego, murieron algunos o quedaron en muy mal estado, de manera que no se pudo cumplir con el número deseado de 50 muestras para cada tratamiento, por lo que para el tratamiento Plantines caldén noviembre el $n= 34$, mientras que para el tratamiento Plantines algarrobo noviembre el $n= 42$.

11 Reforestación 2012

Este tratamiento se realizó exclusivamente con caldenes adquiridos en el Vivero Provincial de Santa Rosa. Como parte de un proyecto de rehabilitación que planeaba llegar a un total plantado de 5000 individuos de caldén. Para ello se puso en marcha un sistema de reforestación progresivo, su elección se hizo con la finalidad de poner a punto la organización de las tareas a realizar (transporte, ubicación en el predio, plantación efectiva, construcción y colocación de protectores, riegos iniciales, etc.) optimizando la ejecución del proceso.

La reforestación se realizó en dos etapas, la primera fue con 500 individuos plantados en septiembre de 2012, mientras que la segunda se ejecutó en agosto del 2013 con 1000 plantines. Se utilizó una matriz de plantación de 10 x 10 m, sobre transectas con orientación Este-Oeste, desmalezadas previamente por maquinaria y personal de la empresa.

Los plantines se protegieron inicialmente con una malla metálica fina, para evitar ramoneo y daño de ciervos y liebres (Figura 8).



Fig. 8. Izq.: Sitio de plantación. Der.: Plantin con protección de malla metálica.

12 Regeneración natural

Este tratamiento, quedó conformado por la regeneración hallada en el potrero destinado a ser reforestado. La práctica de deforestación que se toma como punto de partida no dejó regeneración natural, por lo tanto, las plantas jóvenes que se observaron en el potrero se considera que son producto de la regeneración natural post deforestación.

3.5 Recolección de datos

En los tratamientos con plántulas y plantines, determinó en cada tratamiento el porcentaje de sobrevivencia y se midió la altura de cada planta en centímetros, inmediatamente luego de la plantación y se repitieron mediciones regularmente para valorar el crecimiento. En los tratamientos con semillas se determinó: porcentaje de emergencia y sobrevivencia, y crecimiento en centímetros.

Para el tratamiento 11 Reforestación 2012, se consideraron los datos tomados en campañas anteriores a este proyecto y se realizó un nuevo muestreo en un recorrido por el área reforestada, identificando, a través de las varillas de hierro, los lugares donde se había realizado una plantación. Se observó la presencia del plantín de caldén, su estado (si se encontraba ramoneado o no) y se midió su altura total en centímetros. En algunos puntos, la vegetación herbácea dificultó observar la presencia de la planta, aunque en el caso de no poder encontrarse en el sitio contiguo a la varilla se presumió muerta.

El muestreo del tratamiento 12 Regeneración natural, se realizó el día 18 de diciembre del 2014. Para ello se establecieron 5 transectas de 100 m² (=50m*2m) equidistantes y colocadas "en escalera" sobre una diagonal de NE hacia el SO partiendo de 150 m del esquintero NE. Las mismas se tiraron en líneas alargándose del Este hacia el Oeste. Se buscó la regeneración de *Prosopis caldenia*, *Prosopis flexuosa* y *Schinus fasciculatus*, según las categorías del Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2006) es decir, los renuevos de menos 1,3 metros, los de más de 1,3 m (Foto 8) y de 0,5 cm de DAP, los de más 1,3 m y de 5 a 10 cm de DAP (Figura 9).

Para descartar que las plantas contabilizadas se traten de rebrotes de tocones previos a la intervención realizada en 2007, una de las plantas en cuestión fue desenterrada y se cortó aproximadamente a 15 cm por debajo del suelo y a 15 cm sobre el suelo para determinar y comparar su edad, en la sección de la raíz y en la sección del tallo por dendrocronología (Speer, 2010). Las secciones sobre las que se realizó la lectura fueron pulidas progresivamente con papel de lija de grado más fino para obtener mejor visión, posteriormente se soplaron con aire a presión para eliminar residuos de aserrín fino y se observaron en lupa para contabilizar los anillos.



Fig. 9. Medición de altura de renuevo de caldén durante el muestreo realizado para el tratamiento 12, Regeneración espontánea.

3.6 Análisis de datos

Los datos de las reforestaciones manuales como así también de la regeneración en el potrero se analizaron mediante un “análisis de trayectoria” (SER, 2004). En conjunto con la descripción de las características cualitativas sobresalientes observadas en cada ensayo, ofrecen un panorama sobre la viabilidad de cada método en el escenario planteado de reforestación en el ámbito privado, para ejecutar el proyecto de restauración. Para determinar diferencias entre las alturas de las plantas en los tratamientos 3, 4 y 11, se utilizó un análisis de la varianza y el test de Tuckey se aplicó como prueba post-hoc. Este análisis se aplicó luego de verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad de la varianza. Se consideran diferencias significativas para un valor de $p < 0,001$. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics.

4 RESULTADOS

1 Semillas caldén abril y 2 Semillas algarrobo abril

En los relevamientos posteriores a la siembra, el día 10 de abril (5 días después de la siembra), no se observó emergencia de las plántulas en ninguna muestra. Durante el segundo relevamiento, el día 26 de abril, se procedió a desenterrar las semillas de algunos sitios para evaluar su estado. Se verificó que en algunos casos las semillas germinaron correctamente, proceso que se había inducido previo a la siembra (Figura 10) en otros no se hallaron, aunque ninguno de los embriones emergió del suelo.

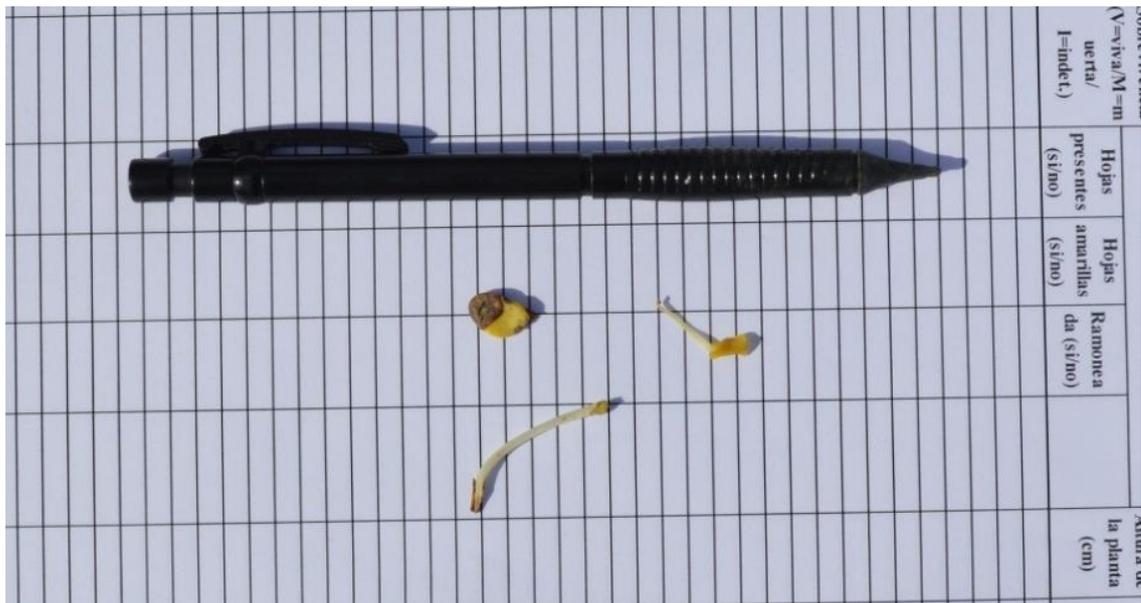


Fig. 10. Imagen del día 26/04/2014. Se observan semillas que fueron desenterradas de los sitios de muestras de los tratamientos 1 y 2. El embrión se encuentra saliendo del tegumento y la radícula posee hasta 2cm de longitud.

3 Plántulas caldén abril

La Figura 11 muestra al final del tratamiento una sobrevivencia del 4%, mortalidad natural del 88% y 8% de muertes por pisoteo.

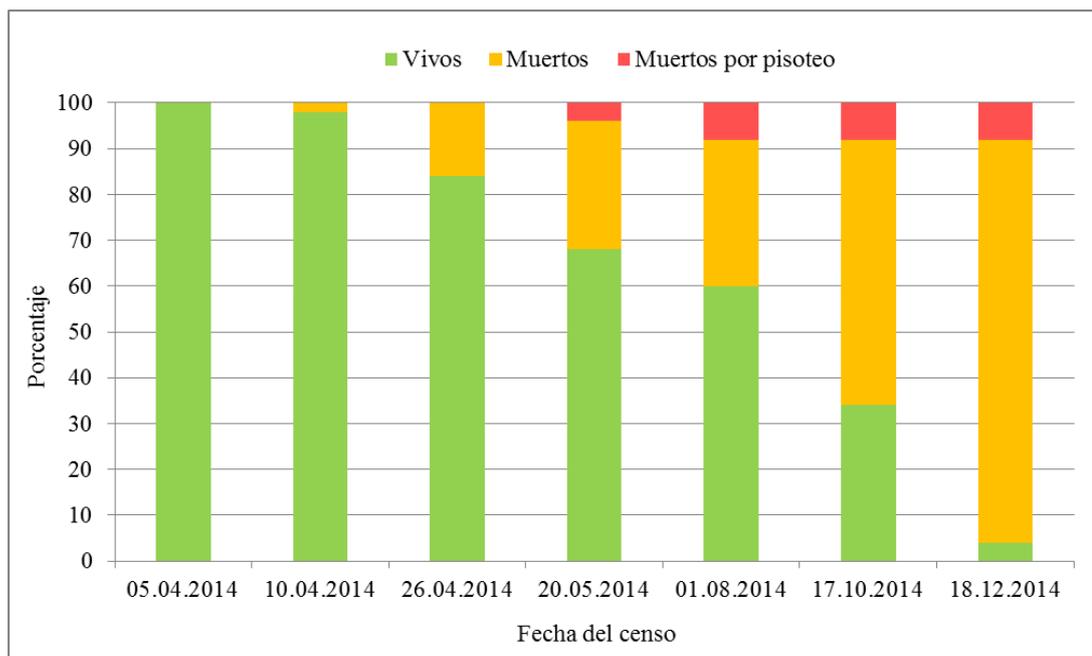


Fig. 11. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 3 Plántulas caldén abril.

Los indicadores observados en la Figura 12, reflejan que la disminución de las alturas es significativa a partir del censo realizado el 26/04/2014 respecto de las alturas evaluadas en el momento de la plantación. Luego, en el último censo ejecutado en diciembre, se observa un incremento de alturas significativo respecto del anterior realizado en agosto, aunque no difiere estadísticamente de la altura observada al inicio del tratamiento.

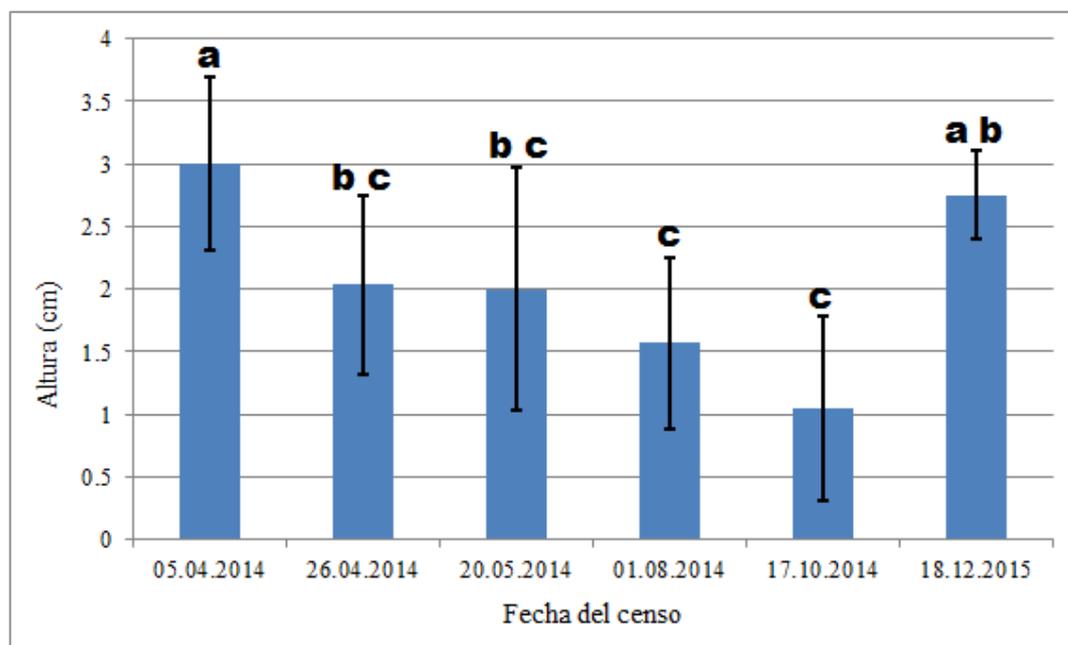


Fig. 12. Evolución promedio de alturas y desvío estándar del tratamiento 3 Plántulas caldén abril.

Algunas plántulas mostraron daños por las heladas ocurridas en abril-mayo. Tal como se observa en la figura 13, una plántula luego de una de las primeras heladas, en la cual se han secado sus hojas, la yema apical y parte del tallo.



Fig. 13. Imagen del día 26/04/2014, se observa una plántula de caldén dañada por una helada.

4 Plántulas algarrobo abril

La Figura 14 muestra al final del tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril una sobrevivencia del 0%, mortalidad natural del 80,6% y 19,4% de muertes por pisoteo.

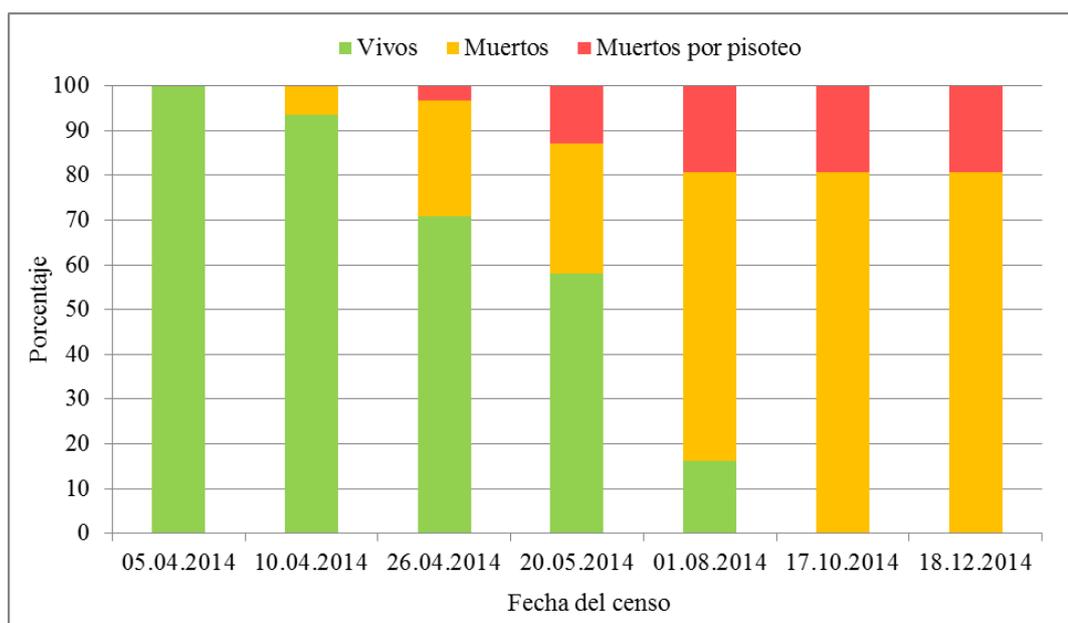


Fig. 14. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril.

La evolución de las alturas de plántulas de algarrobo (Figura 15) muestra disminuciones promedio, con diferencias significativas respecto de las alturas iniciales.

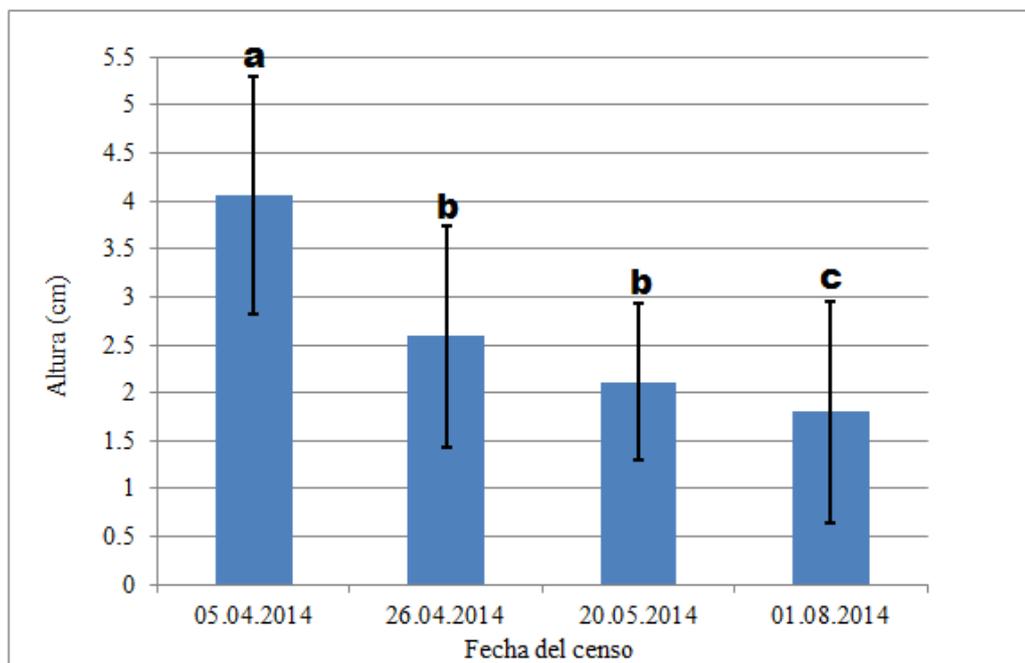


Fig. 15. Evolución promedio de alturas y desvío estándar, tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril

Si comparamos en un gráfico (Figura 16) la evolución de la sobrevivencia y mortalidad de los dos tratamientos con plántulas realizados en abril, podemos observar que han seguido comportamientos similares a través del tiempo.

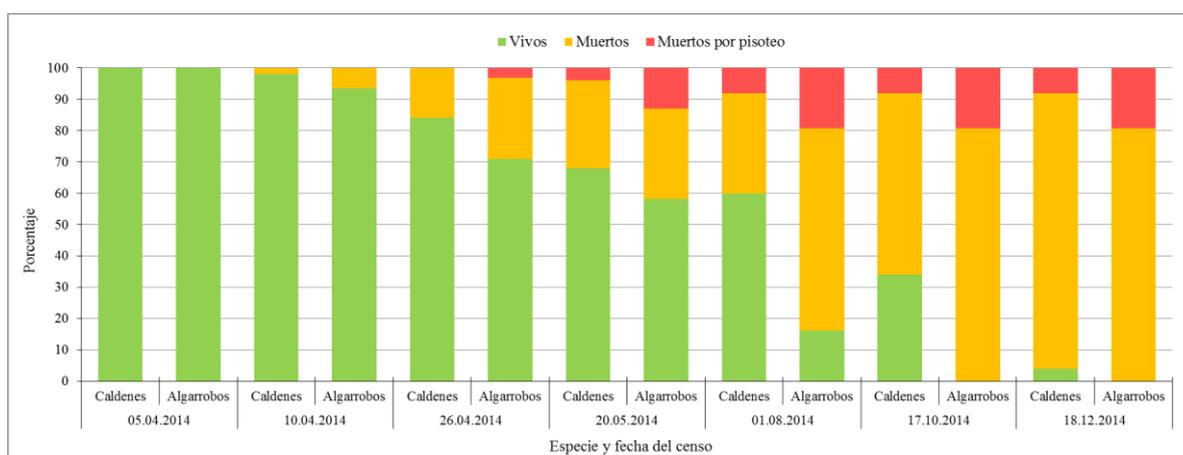


Fig. 16. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 3 y 4.

La mayor mortalidad para caldenes se registró en los censos del 17/10/2014 y 18/12/2014 con valores de 26 y 30% respectivamente. Mientras que para los algarrobos la mayor mortalidad se registró en el censo del 01/08/2014 con un valor del 35% (Figura 17).

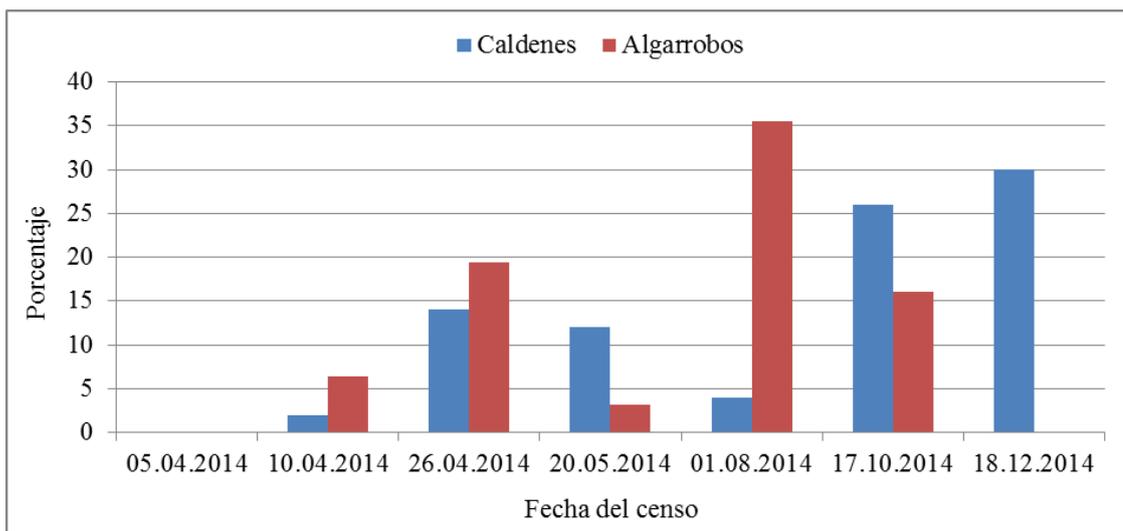


Fig. 17. Fracción porcentual de mortalidad sobre el 100% del total, registrada en cada censo para tratamientos 3 y 4.

5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre

La figura 18 muestra la evolución de la sobrevivencia y mortalidad de los tratamientos con semillas realizados en noviembre. En este tratamiento, con un registro durante un mes de duración, se observaron valores de sobrevivencia del 9% para los caldenes y del 3,7% para los algarrobos. Las muertes por pisoteo fueron del 19,4 % y del 31,5%, respectivamente.

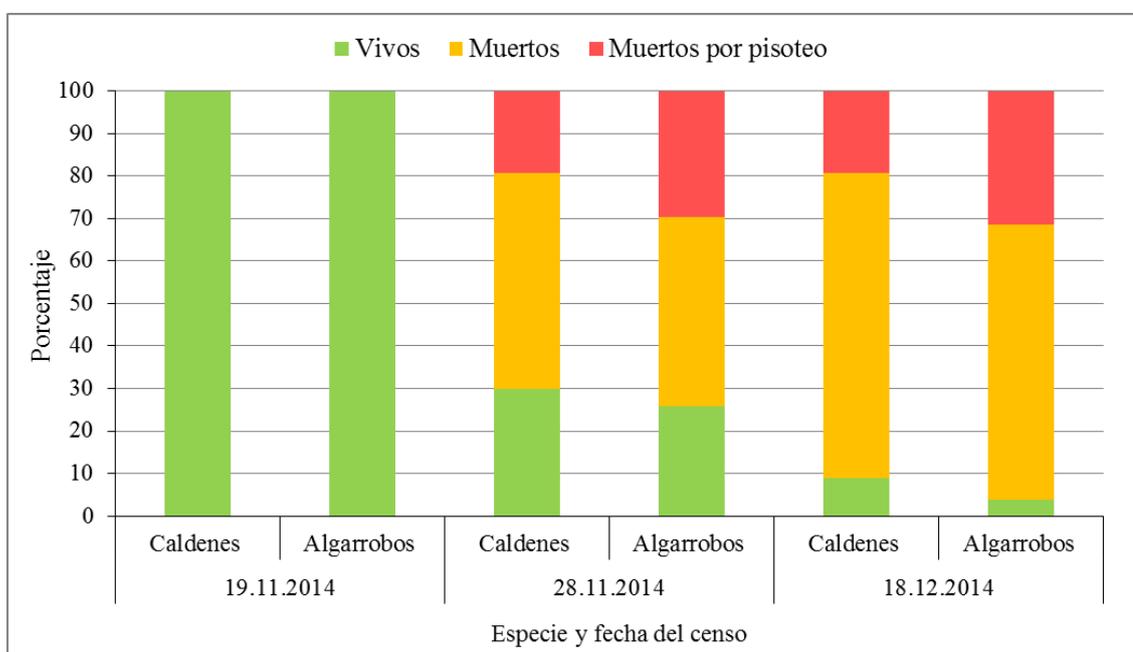


Fig. 18. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 5 y 6.

Es preciso aclarar que en ambos tratamientos se consideraron como vivas al día de la plantación (19/11/2014) todas las semillas sembradas, las cuales estaban en proceso de germinación. En tanto que durante el primer censo realizado el día 28 de noviembre, se

contaron como vivas aquellas semillas que emergieron como plántulas y donde no se registró emergencia se consideraron muertas. Los mismos datos se corroboraron en el censo siguiente, para evitar haber dado por muerta una plántula que no hubiese emergido por algún retardo en su desarrollo. La mortalidad atribuida al pisoteo fue considerada aparte como puede observarse en la Fig. 18.

Durante el primer censo algunas plántulas mostraron evidentes signos de estrés hídrico por falta de agua, tales como folíolos cerrados para evitar la transpiración. La escasa disponibilidad de agua fue corroborada mediante la observación del perfil del suelo.

7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre

En los tratamientos 7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre, los porcentajes de supervivencia un mes después de la plantación han sido de 24 y 33,3% para caldenes y algarrobos respectivamente (Figura 19), registrándose poca tolerancia a periodos cortos de sequía.

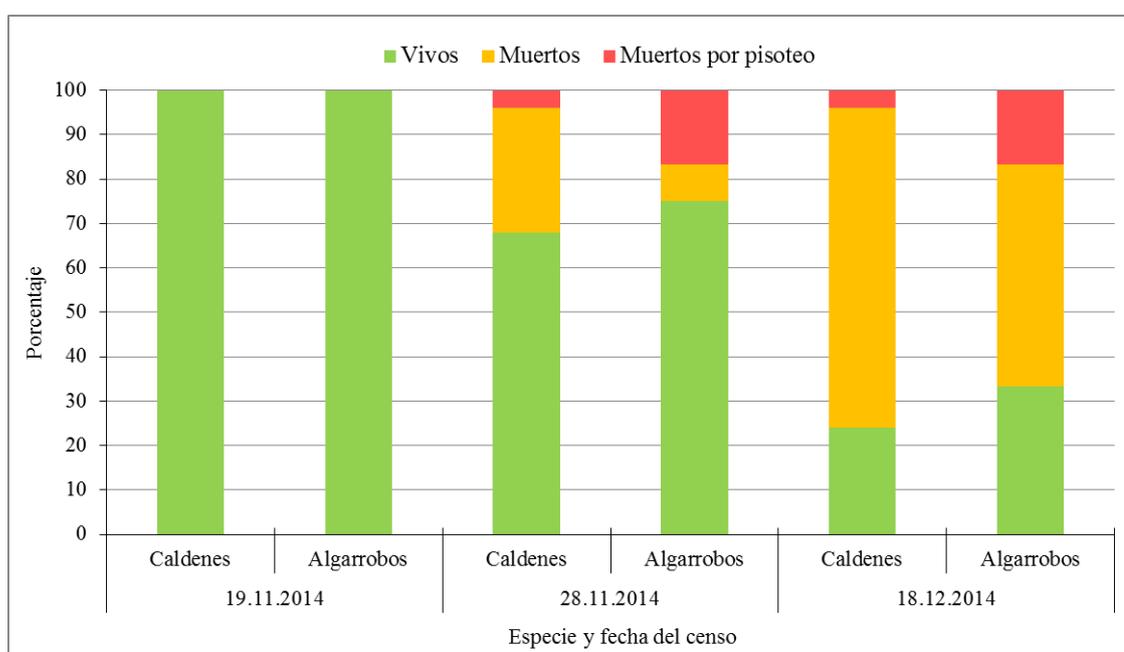


Fig. 19. Evolución de supervivencia y mortalidad comparada entre tratamientos 7 y 8.

Cabe destacar que la presente evaluación de supervivencia se realizó en un período de tiempo reducido (37 días). Debido a esto para los presentes tratamientos no se consideró pertinente un análisis de la variación de alturas.

9 Plantines caldén noviembre y 10 Plantines algarrobo noviembre

La figura 20 exhibe los resultados de los tratamientos realizados con plantines. En el único censo post-plantación realizado el 18 de diciembre sobre estos tratamientos (20 días después de la plantación), se encontró: para el tratamiento 9 Plantines caldén noviembre, que el 81,8% de los plantines vivos había sido ramoneado en su parte apical (Figuras 21.a y 21.b). De los 12 plantines que se registraron como muertos, 2 (16,6%) estaban en un

sector cercano a la estaca desenterrados completamente, 6 (50%) habían desaparecido y 4 por otras causas (33,3%). Para el tratamiento 10 Plantines algarrobo noviembre, se encontró que el 73,3% de los plantines vivos había sido ramoneado en su parte apical. De los 12 plantines que se registraron como muertos, 9 (75%) estaban en un sector cercano a la estaca desenterrados completamente y 3 (25%) habían desaparecido. No se observaron casos de muerte por pisoteo en ninguno de estos tratamientos.

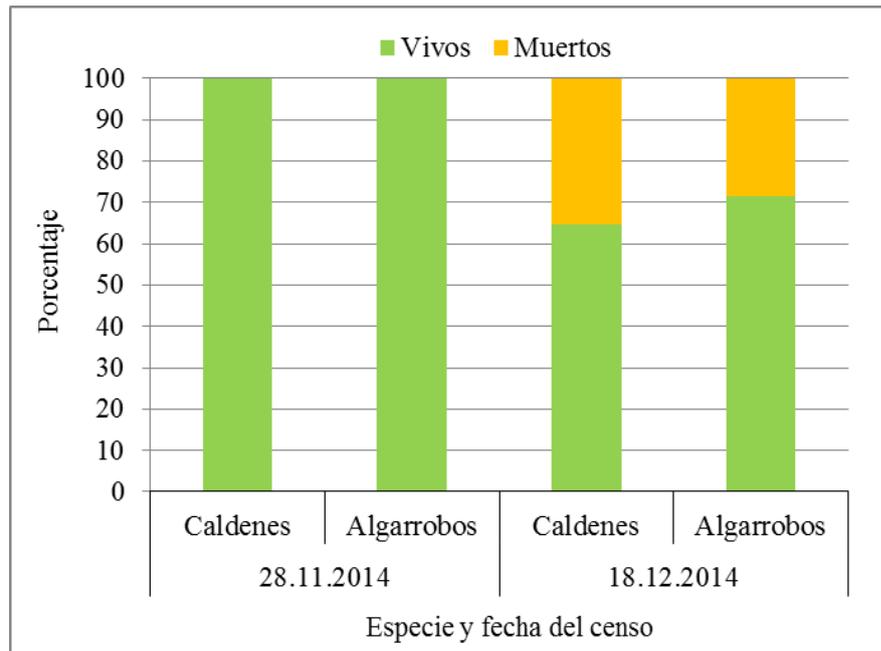


Fig. 20. Evolución de sobrevivencia y mortalidad comparadas entre tratamientos 9 y 10

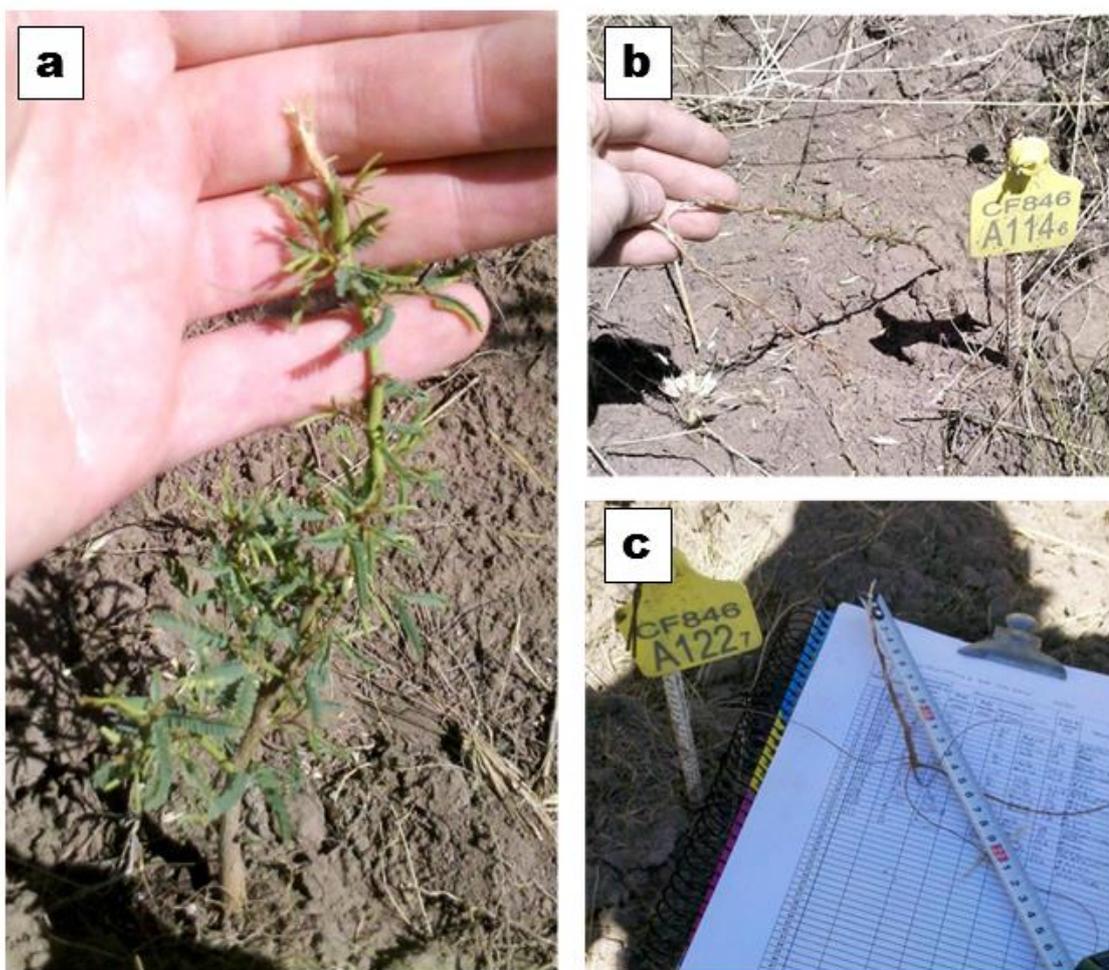


Fig. 21. Plantín de caldén ramoneado en su ápice (a). Plantín de caldén ramoneado, quebrado, con una parte seca de 10 cm aproximadamente aún adherida (b). Plantín de caldén desenterrado por completo, encontrado al lado de la estaca que marcaba su posición y numeración (c).

11 Reforestación 2012

En el tratamiento 11 Reforestación 2012, la sobrevivencia después de un año fue de 13,3%, (Fig. 22). La altura de las plantas en el censo realizado el día 28.11.2014 fue significativamente menor a las registradas en los censos previos (Fig. 23).

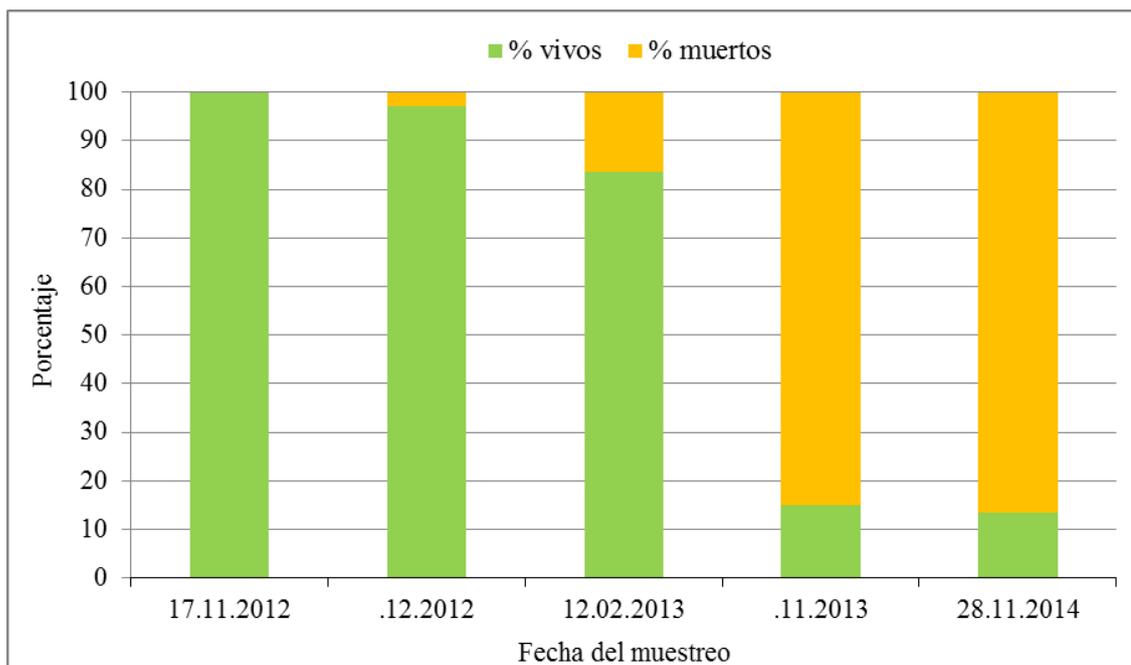


Fig. 22. Evolución de sobrevivencia y mortalidad del tratamiento 11 Reforestación 2012.

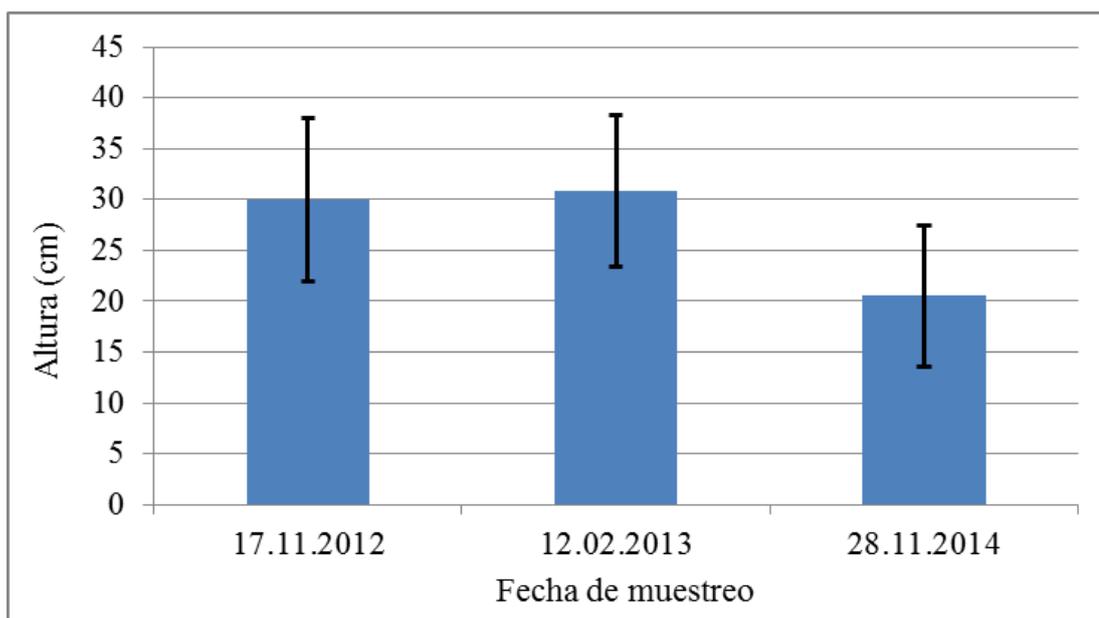


Fig. 23. Evolución promedio de alturas y desvío estándar del tratamiento 11 Reforestación 2012.

En el último muestreo, el 37,5% de las plantas vivas se encontraban ramoneadas en la parte apical, sin embargo el 62,5% restante es posible que haya sufrido ramoneo en alguna etapa de su desarrollo, aunque el crecimiento posterior al ramoneo no permitió observarlo claramente en el censo realizado en noviembre del 2014.

Es importante destacar que las varillas que marcaban la posición de los plantines en este tratamiento, tenían una altura de 1 metro sobre el nivel del suelo, y se encontraron dobladas. Esto es un efecto que se atribuyó al rascado del ganado vacuno, según observaciones de los empleados de la empresa.

12 Regeneración natural

En el muestreo realizado para medir la regeneración, se encontraron 8 caldenes de la categoría de menor tamaño (menos de 1,3 metros de altura) en las 5 transectas, es decir en una superficie de 500 m². Este resultado extrapolado a una hectárea, deriva en una densidad de 160 renuevos por hectárea. Al cabo de un período de tiempo de 5 años, desde que se realizó el desmonte hasta la fecha del muestreo, resulta en una instalación efectiva promedio de 32 Plantas/Hectárea/Año.

La lectura de anillos de la muestra tomada, se realizó en una sección de la raíz dando un total de 5 (± 1 anillo), y en una sección del tallo con el mismo resultado (Figura 29), lo que demuestra que se trata de regeneración post disturbio.

Durante los trabajos de campo ejecutados en el mes de abril del 2014, se observó la presencia de deyecciones de vacunos con germinación de caldén, coincidente con un periodo de alta fructificación de los caldenes (Figuras 24 y 25).



Fig. 24. Foto tomada en el mes de abril del 2014 en simultáneo con el inicio de los tratamientos de otoño. Se observan eses de ganado vacuno con semillas de caldén y una germinación pronta a la apertura de cotiledones.



Fig. 25. Muestra de la presencia de ganado vacuno en el predio y la fisonomía del bosque.

En todos los casos las plantas presentaron signos de ramoneo en el sector apical por encima de los 80 cm. aproximadamente. También se observaron en el potrero plantas de caldén y algarrobo con ramas quebradas y corteza desgarrada (Figura 26).

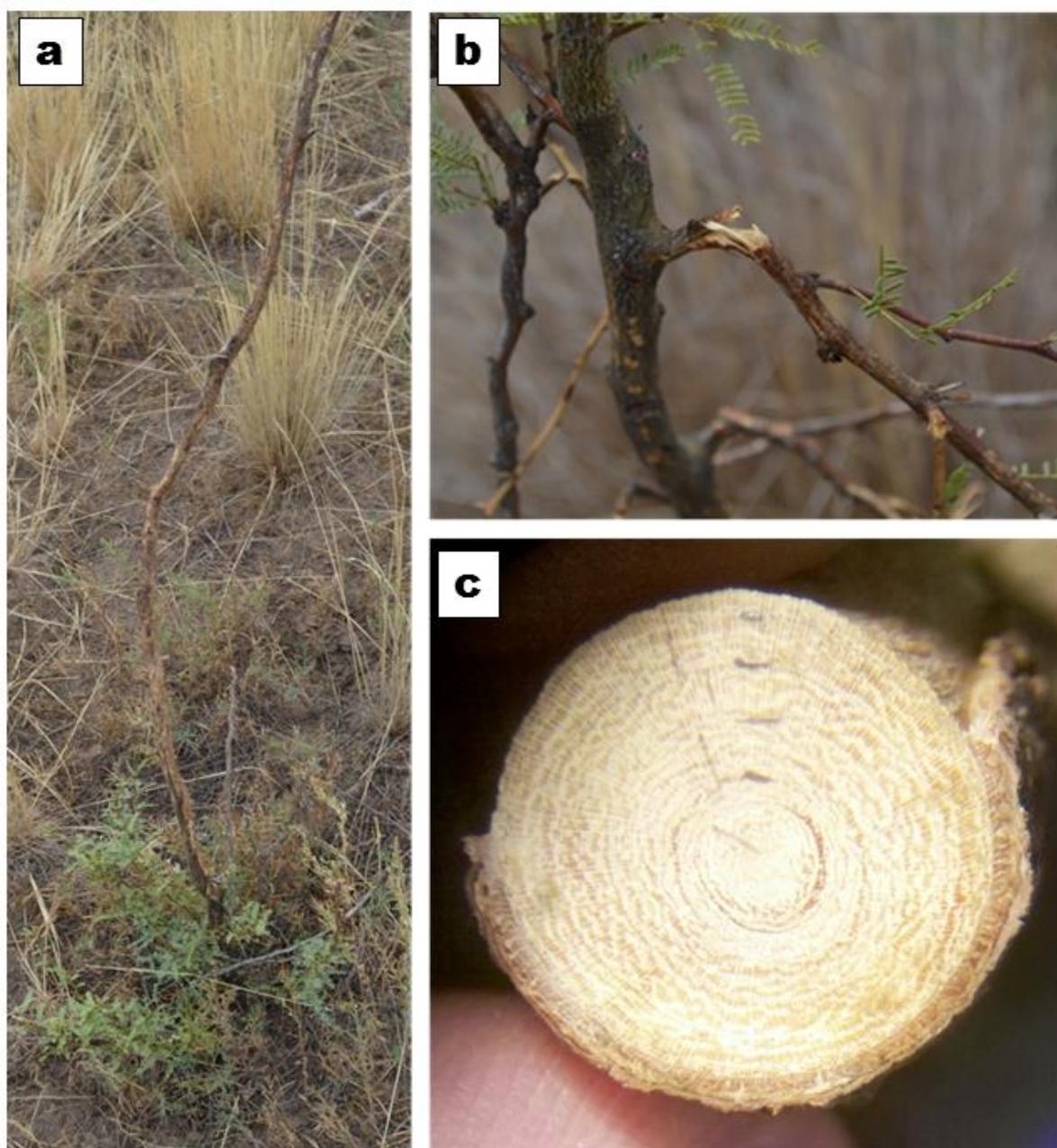


Fig. 26. Fuste principal de caldén joven muerto por desprendimiento de corteza, con rebrote a partir de yemas basales (a). Planta dañada por ciervos con desprendimiento de ramas y corteza (b). Sección de raíz pivot de caldén usada para determinar la edad de la planta través de la lectura de anillos de crecimiento (c).

5 DISCUSIÓN

Las forestaciones manuales no resultaron exitosas en el contexto descrito, en muchos casos parecen no haber resistido condiciones climáticas adversas. Además, factores como el pisoteo y la predación perjudicaron los tratamientos. Las plantas que sobrevivieron no muestran un crecimiento significativo, evaluado principalmente en las forestaciones con plantines.

Para los tratamientos 1 Semillas caldén abril y 2 Semillas algarrobo abril, el método de siembra planteado no fue adecuado. La profundidad a la que se colocó la semilla, en combinación con las lluvias registradas durante y en los días posteriores a la siembra, generaron el efecto conocido como “planchado del suelo”, es decir, el desarrollo de una fina capa superficial de mayor dureza que puede afectar la emergencia de las plántulas. Si bien las lluvias aportaron agua necesaria para el proceso de germinación, esta capa impidió la emergencia de las plántulas. Por las circunstancias descritas no fue posible evaluar la hipótesis 2.1.2 para el primer período de plantación y siembra.

En el tratamiento 3 Plántulas de caldén abril. La alta mortalidad registrada para los meses de noviembre y diciembre (Figura 17), puede atribuirse a periodos de deficiencia hídrica para las plantas. Esto acuerda con la información reflejada en la Figura 2, donde se observa que las precipitaciones para estos meses estuvieron por debajo del promedio histórico, y en coincidencia con el inicio del período de mayor déficit hídrico en la región (Cano et al., 1980). El escaso desarrollo radicular de las plántulas, impidió que exploraran mayores profundidades del suelo. Este resultado se encuentra en concordancia con investigaciones realizadas para la especie, donde se encontró que para la sobrevivencia hay mayor influencia de la disponibilidad del agua que de la temperatura (Villalobos y Peláez 2001). La disminución promedio en la altura de las plántulas, reflejada en la Figura 13 se explica por las heladas invernales, que afectaron la parte apical de las mismas.

En el tratamiento 4 Plántulas algarrobo abril, se observó un pico de mortalidad durante el invierno, fundamentalmente luego del mes de mayo. Esto evidencia escasa tolerancia de las plántulas de esta especie a las bajas temperaturas. Con temperaturas mínimas registradas de $-7,1^{\circ}\text{C}$. en junio, $-6,1^{\circ}\text{C}$. en julio y días posteriores al muestreo realizado el 1 de agosto, mínimas de hasta $-5,9^{\circ}\text{C}$., según los registros obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la Ea. Maracó Chico.

Las lluvias registradas de abril a octubre, que superaron el promedio histórico para la región (Figura 2), han tenido un rol ambivalente para ambos tratamientos. Por un lado proporcionaron el aporte de agua necesario para la sobrevivencia, mientras que, paralelamente favorecieron el rápido crecimiento de las plantas herbáceas próximas a las plántulas evaluadas en los ensayos, aumentando la competencia sobre las mismas. Vale considerar que en muchas ocasiones, durante los censos, las plántulas registraban alturas inferiores a un centímetro, y se hallaron entre otras herbáceas imposibilitadas de recibir luz solar directa. Puede apreciarse tanto para el tratamiento 3 como para el 4, como el pequeño

tamaño inicial de las plántulas, simplifiqué el transporte y la distribución a los sitios definitivos, pero resultó desfavorable en la sobrevivencia a campo.

En los tratamientos 5 Semillas caldén noviembre y 6 Semillas algarrobo noviembre, el método alternativo al realizado en abril, aplicando aserrín de madera de caldén para mejorar la retención de humedad del suelo e impedir la compactación, mejoró la emergencia. Este método es más efectivo porque evita los costos de producción de plantines o plántulas, de transporte y ejecución de las tareas de plantación. A diferencia de las forestaciones con plantines, en este caso el crecimiento de la raíz pivotante no se ve afectado por el manejo. Sin embargo, el período en el que se realizó, se caracteriza con el inicio del déficit hídrico para la región (Cano et al., 1980), que además mostró valores de precipitación en noviembre y diciembre inferiores al promedio (Figura 2), esto en conjunto con las observaciones fenológicas realizadas que pusieron de relevancia el stress hídrico de las plántulas, explica la mortalidad posterior. Se pudo comprobar la hipótesis 2.1.2, donde se postuló que los tratamientos con semillas serían los que registren menor porcentaje de sobrevivencia respecto a los tratamientos con plántulas y plantines realizados en la misma época.

En los tratamientos 7 Plántulas caldén noviembre y 8 Plántulas algarrobo noviembre, se obtuvieron al cabo de un mes, valores bajos de supervivencia. Al igual que en los tratamientos 5 y 6, la mortalidad estaría vinculada al déficit hídrico registrado para este período. De manera semejante a los tratamientos realizados con plántulas en abril, la poca tolerancia a los breves períodos de sequía, se relaciona con la escasa capacidad de las plántulas de explorar el perfil de suelo en profundidad. Es esperable, además, que el stress post-plantación retrase el crecimiento radicular. La mortalidad esperada para estos tratamientos, sería mayor al final de la estación estival debido al incremento del déficit hídrico, que encuentra su punto máximo en los meses de enero y febrero para esta zona (Cano *et al.*, 1980). Este tipo de intervención no se justificaría a los fines de reforestar, sobre todo por la época en la que se realiza, salvo que se realicen riegos suplementarios.

En los tratamientos 9 Plantines caldén noviembre y 10 Plantines algarrobo noviembre, se hallaron al cabo de un mes, los valores de sobrevivencia más altos entre los tratamientos realizados en primavera lo cual verifica la hipótesis 2.1.1. Sin embargo, ambos reflejaron serios problemas post-plantación, entre ellos el ramoneo del sector apical. Posiblemente, los plantines observados como desenterrados (Figura 21.c) sufrieron esto durante el ramoneo, al igual que aquellos que no se encontraron en el sector cercano a la estaca. Se estima que fue consecuencia fundamentalmente de la presencia de ciervos en el potrero. Entre otras causas de muerte, se encontraron plantines secos, posiblemente por estrés durante la plantación.

Una parte importante de la mortalidad observada en el tratamiento 11 Reforestación 2012, es posible que sea consecuencia de la presencia del ganado vacuno en el predio. Debido al rascado en las varillas que servían de marcadores, el pisoteo puntual que generaron durante este proceso, pudo quebrar los plantines en su base reiteradas veces,

disminuyendo su capacidad de sobrevivencia. Además los plantines de este tratamiento sufrieron los mismos problemas post-plantación que los tratamientos 9 y 10.

Para los tratamientos con plantines, los daños causados por la fauna y el hecho de que sus raíces se encuentren espiraladas debido al límite físico del envase, genera una dificultad extra para la sobrevivencia y crecimiento. La baja sobrevivencia de este tipo de práctica queda demostrada en los datos obtenidos del tratamiento 11, como así también sus limitaciones de crecimiento. Este tratamiento, permite tener una idea de la evolución temporal de este proceso durante un período de tres años, mientras que los tratamientos 9 y 10 reflejan en detalle los problemas y tipos de estrés, con los que se encuentran las plantas inmediatamente luego de la plantación.

Se encontraron serias limitantes en la metodología aplicada en el tratamiento 11 para forestar, ligadas a la capacidad de producción del Vivero Forestal, el estrés del transporte (115 km de asfalto y 15 de tierra/ripio). Las dificultades para manipular y distribuir los plantines en el área de plantación, fundamentalmente a causa de su tamaño y el peso del pan de tierra, generó en algunos casos la rotura de la raíz pivotante. Es el método que mayor requerimiento de energía necesita para su ejecución, tanto en el traslado de los plantines desde el vivero hasta el sitio de plantación, como en el esfuerzo y requerimiento de operarios, necesarios para la plantación propiamente dicha.

En el muestreo del tratamiento 12 Regeneración natural, la cantidad de renuevos por hectárea encontrados permite suponer que el bosque se está regenerando a un ritmo razonable. El resultado del estudio coincide con los obtenidos por Dussart (1998) en el que predice una instalación efectiva de entre 12 y 48 Plantas/Hectárea/Año, como consecuencia del efecto dispersor del ganado vacuno. Estos resultados concuerdan con lo planteado en la hipótesis 2.1.3.

En este caso, la existencia de regeneración de caldén y algarrobo, es posiblemente la consecuencia de la presencia de ganado vacuno, desde etapas tempranas de la sucesión post disturbio. Esto puede deducirse a partir de las características que poseen las semillas de estas especies, cuyo tegumento que funciona como protección mecánica, dificulta la germinación sin su eliminación previa. En los sistemas de bosque de caldén con actividad ganadera, la dispersión está generalmente vinculada con el paso de las legumbres por vía endozoocora del ganado vacuno. Otro punto que refuerza esta suposición, es el rápido ataque de insectos (brúquidos) que sufren las legumbres una vez en el suelo, los mismos las perforan las semillas disminuyendo su poder germinativo (Steibel *et al.*, 1999), éstos son eliminados una vez que pasan por el tracto digestivo (Lerner y Peinetti, 1996).

El ramoneo observado en el sector apical de las plantas evaluadas en el tratamiento 12, puede ser atribuido a los ciervos presentes en el potrero, ya que por la altura a la que se encontraban los cortes no pueden haber sido ejecutados por liebres. Tampoco es posible que el ganado vacuno haya realizado estos daños, debido a que no consume renuevos de caldén o algarrobo. Los daños como desgarramiento de corteza y ramas quebradas (Figura 26.a y 26.b), son consecuencia del proceso de raspado de astas de los ciervos.

La regeneración por vacuno presenta las mismas ventajas de la siembra de semillas. Cada planta se desarrolla desde su germinación en el sitio definitivo, lo que permite un adecuado crecimiento de la raíz, y mejora las posibilidades de sobrevivencia ante periodos de sequía. Este tipo de reforestación no posee costos operativos y está relacionada con el aprovechamiento ganadero del potrero, que resulta compatible con los objetivos de la empresa en la que se realizaron los trabajos. Las áreas reforestadas por este método se deberían clausurar para evitar pérdidas por pisoteo, aunque esta práctica posterior sería incompatible con las actividades ganaderas.

En este caso de estudio la regeneración natural tiene un importante rol en la velocidad de restablecimiento del bosque, reconstituyendo lo que se conoce como una distribución de edades con forma de “J” invertida. Cuando se dispone de árboles maduros que funcionen de semilleros, el establecimiento paulatino regenerará el bosque lentamente (Dussart, 1998), con la aplicación oportuna de podas de conducción se puede llegar a un sistema de mayor potencial forestal que el que lo precede. En tanto el pisoteo resulta contraproducente cuando se realizan plantaciones.

La presencia de ciervo colorado en el potrero ha mostrado ser muy perjudicial, impidiendo el crecimiento de los plantines por herbivoría, ramoneando plantas mayores manteniéndolas en estado de arbustos en algunos casos y por refregar sus cornamentas en algunas plantas a las cuales les desgarran ramas y generan desprendimiento de corteza, dejando el tejido cambial expuesto produciendo en algunos casos, la muerte del ejemplar y rebrote de yemas basales que dan lugar a árboles multifustales de lento crecimiento y escaso valor forestal.

El estudio muestra la dificultad de llevar adelante los proyectos de restauración en establecimientos privados, cuando éstos se superponen con los intereses productivos de los mismos, resaltando que tal como recomienda la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica, es conveniente tomar por consenso la decisión de iniciar un proyecto de esta índole entre las partes involucradas (SER, 2004). Es posible que esta primera experiencia sea el reflejo de las que vendrán si se aplica la normativa de manera unilateral desde las instituciones encargadas del control de los bosques, con esfuerzos truncados por replantar especies forestales nativas sin el consenso de los propietarios de las tierras.

6 CONCLUSIONES

En términos generales, los resultados obtenidos han puesto en relieve las dificultades para ejecutar proyectos de reforestación en condiciones reales de campo, con presencia de grandes mamíferos y condiciones climáticas no controladas, en el contexto de trabajo de un establecimiento productivo abocado a la actividad ganadera.

La regeneración natural, probablemente asistida por el ganado vacuno presente, se ha perfilado como la alternativa más viable para este caso de estudio, ya que se han evidenciado sus ventajas en comparación con los demás tratamientos, que presentaron bajos valores de supervivencia y demandaron más energía para su ejecución. Es posible plantear en un futuro intervenciones más activas que no contemplen solamente el manejo del ganado, sino también otras variables como: la falta de árboles que funcionen como semilleros y agentes que faciliten su dispersión, o la necesidad de inmediatez para generar una cobertura de protección en el suelo.

Esta investigación plantea nuevos interrogantes para ser respondidos con investigaciones futuras como, por ejemplo: evaluar un sistema de siembra similar al de las semillas realizado en primavera, para el mes de abril. Este es en un período promisorio, dado que coincide con la época de fructificación y dispersión de las especies en estudio, y para esta región significa la etapa de finalización del marcado déficit hídrico estival, y el inicio de un periodo de reposición de agua en el suelo. Además, surge el desafío de idear y evaluar nuevos métodos de reforestación tales como: sistemas con nodrizas, semillas en pellets, o variaciones en la forma de los envases de plantines, que mejoren las posibilidades de desarrollo de la raíz y que simplifiquen el transporte y la ubicación en el campo.

Paralelamente será necesario plantear acciones, que conjuguen los intereses socio-económicos y ecológicos de manera más armoniosa, y evalúen la calidad de los tratamientos silvícolas de estos bosques nativos, desde una perspectiva más amplia e innovadora. Que contemplen el aprovechamiento forestal como un medio para mantener los propios bosques en estado saludable, generar puestos de trabajo, e incluir al ganado vacuno como parte del sistema, acercando objetivos ganaderos y forestales que durante mucho tiempo estuvieron contrapuestos.

7 BIBLIOGRAFÍA

Administración Provincial del Agua, Gobierno de La Pampa (2016). Datos históricos de lluvias (mm) por localidades. Disponible en:

http://www.apa.lapampa.gov.ar/images/stories/Imagenes/Archivos/lluvias09/General_Acha.pdf. Accedido Febrero 2016.

Aldrich, M., Belokurov, A., Bowling, J., Dudley, N., Elliott, C., Higgins-Zogib, L., Hurd, J., Lacerda, L., Mansourian, S., McShane, T. (2004) Integrating forest protection, management and restoration at a landscape scale. WWF International, Gland, Switzerland. Bainbridge, D. (2007) A Guide for Desert and Dryland Restoration. New hope for Arid Lands. Washington, EE.UU. Island press. 391pp.

Cabrera, A. L. (1953) Esquema fitogeográfico de la República Argentina. Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Botánica 8: 87-168.

Cabrera, A.L. (1976) Regiones Fitogeográficas Argentinas. En Kugler, W.F. (director) Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, segunda edición, tomo II, fascículo 1, Buenos Aires, 85 pp.

Cabrera, A. L. y Willink, A. (1980) Biogeografía de America Latina. Serie de Biología, Monografía N°13. Washington DC, EE.UU. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 117 pp.

Cano, E. (1980) Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Pampa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 493 pp.

Dirección General de Estadísticas y Censos, Gobierno de La Pampa (2014). Registros pluviométricos mensuales y anuales según año calendario (mm) por localidades. Disponible en: www.estadisticalapampa.gov.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=74. Accedido octubre 2014.

Dussart E., Lerner P. y Peinetti R. (1998) Long term dynamics of two populations of *Prosopis caldenia* Burkart. *Journal of Range Management*. 51: 685-691.

Fowler, C. S., P. Esteves, G. Goad, B. Helmer y K. Watterson. (2003) Caring for the Trees: Restoring Timbisha Shoshone Land Management Practices in Death Valley National Park. *Ecological Restoration* 21(4):302-306.

Lerner P., Peinetti R. (1996) Importance of predation and germination on losses from the seed bank of *Prosopis caldenia*. *J Range Manage* 49: 147-150.

Maginnis, S., Rietbergen-McCracken, J., Jackson, W. (2007) Introduction. En Rietbergen-McCracken, J., Maginnis, S., Sarre, A. (eds.), *The forest landscape restoration handbook* (págs. 1-4). Londres: Earthscan.

Mansourian, S. (2005) Overview of forest restoration strategies and terms. En Mansourian, S., Vallauri, D., Dudley, N. (eds.), *Forest restoration in landscapes: beyond planting trees* (págs. 8-13). New York: Springer.

Murúa (2009) Crecimiento de *Prosopis caldenia* Burkart, en vivero y a campo como estrategia para una selección precoz Trabajo de fin de carrera. Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de San Luis. 20 pp.

Nabhan , G. P. (2003) Destruction of an Ancient Indigenous Cultural Landscape: An Epitaph from Organ Pipe Cactus National Monument. *Ecological Restoration* 21(4): 290-295.

Noy-Meir, I. (1973) Desert ecosystems environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 25-52

Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., García, C.L., Soria, D., Maggi, A., Kingard, A., Elissalde, N. y Salomone, J. (2011) Evaluación de la desertificación a nivel nacional. En: FAO / LADA: Evaluación de la Desertificación en Argentina. Resultados del Proyecto LADA / FAO.- Gráfica Latina S.A., Buenos Aires.

Rovere, A. E. y Mansini, A. C. A. (2013) Caminos teóricos, metodológicos y recorridos, para la recuperación de áreas áridas degradadas. *Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. 38-48.

SAyDS – Dirección Nacional de Bosques (2006) Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos: Inventario de Campo de la Región del Espinal – Distritos Caldén y Ñandubay. Anexo I – Estado de conservación del Distrito del Caldén. Disponible en www.drn.lapampa.gov.ar/BosquesyPastizales/FloraNativa/Estado_de_Conservacion_del_Distrito_Calden.pdf. Accedido octubre 2014.

Sánchez, O. (2005) Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. En Sánchez, O., Peters, E., Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdez, M., Azuara, D. (Eds), *Temas sobre restauración ecológica* (págs. 15-29). México D.F.: SyG Editores

SER (2004) Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Disponible en www.ser.org. Accedido octubre 2014.

Sili, M. y Soumoulou, L. (2011) La problemática de la tierra en Argentina: Conflictos y dinámicas de uso, tenencia y concentración. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Buenos Aires.

Speer, J. H. (2010) Fundamentals of tree-ring research. Tucsón: University of Arizona Press.

Steibel, P. E. y Troiani H. O. (1999) El género *Prosopis* (*Leguminosae*) en la Provincia de La Pampa (República Argentina). Rev. Fac. Agronomía - UNLPam 10(2): 25-48.

Villalobos, A.E. y Peláez D. V. (2001) Influences of temperatura and wáter stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. Journal of Arid Environments 49: 321-328.

Zamora, R. (2002) La restauración ecológica: una asignatura pendiente. Ecosistemas 11: 1-4.