FACULTAD DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES
Universidad Nacional de La Pampa

EFECTO DEL RALEO SELECTIVO MANUAL SOBRE VARIABLES FORESTALES EN UN BOSQUE DE *PROSOPIS CALDENIA* EN EL ESTABLECIMIENTO BAJO VERDE. LA PAMPA, ARGENTINA

NAZARUK, Kevin Axel

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

SANTA ROSA (LA PAMPA) ARGENTINA

2019

Prólogo

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar el 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 realizó en conjunto con las Cátedras de Manejo de Bosques Naturales y de Manejo de Pastizales Naturales dependiente del Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, y en la Cátedra de Introducción a la Dasonomía, de la Facultad de Agronomía, UNLPam, durante el período comprendido entre el 12 demarzo de 2018 y el 7 de noviembre de 2019, bajo la dirección de la MSc. Mónica Alvarez Redondo y la codirección del Dr. Ernesto Morici.

……

07 NOVIEMBRE DE 2019 NAZARUK, Kevin Axel

Agradecimientos

Agradecer en primera instancia a la Universidad Nacional de La Pampa, principalmente a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y a la Facultad de Agronomía por la financiación otorgada y por permitirme llevar a cabo mis estudios de grado.

A mi directora MSc. Mónica Alvarez Redondo por sus conocimientos y apoyo continuo, por brindarme su espacio y elementos necesarios para poder realizar este trabajo. A mi codirector Dr. Ernesto Morici por la revisión y sugerencias del manuscrito. A la Dra. Silvia Aimar y al MSc. Edgardo Adema por el aporte de conocimientos y predisposición.

Un agradecimiento especial al grupo de trabajo de la Cátedra de Introducción a la Dasonomía de la Facultad de Agronomía, y a la Cátedra de Manejo de Bosques Naturales de la Facultad de Exactas y Naturales, con quienes fue posible realizar este proyecto y compartir las salidas de campaña, revisión del manuscrito y permitirme hacer uso del instrumental necesario para la toma de muestras y relevamiento a campo. También quiero agradecer a la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis por su invalorable ayuda.

Finalmente agradezco a mis padres y a mi familia por el apoyo incondicional durante toda esta etapa. A mi pareja y amigos que me contuvieron en los malos momentos y me acompañaron en los buenos, y a todos los que colaboraron de diferentes formas para la realización de este proyecto.

¡Muchas GRACIAS!

……

8 DE NOVIEMBRE DE 2019 NAZARUK, Kevin Axel

RESUMEN

Los bosques de caldén en la provincia de La Pampa presentan importantes signos de degradación que se traduce en áreas boscosas arbustizadas provocando consecuencias negativas a nivel económico, productivo y ecosistémico. Los objetivos de manejo apuntan a la recuperación de áreas degradadas con el fin de mejorar condiciones productivas del bosque a través de la disminución parcial de la cobertura de leñosas con diversas técnicas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del raleo selectivo manual sobre variables forestales de un bosque de caldén, realizado en 2011 en el establecimiento Bajo Verde de la Facultad de Agronomía. El muestreo se realizó en parcelas en el área tratada y su testigo donde se estudiaron las variables: cobertura total y de copa, área basal, densidad, regeneración, diversidad y crecimiento radial medio anual (CRM), este último por dendrocronología en muestras de barreno de pressler. Solo se encontró una disminución significativa de la cobertura total ($p<0,05$) en el área raleada. Área basal, cobertura de copa, densidad y regeneración no presentaron diferencias entre el área tratada y testigo. El índice de Shannon-Wiener demostró una diversidad de especies relativamente baja y por último el CRM no evidenció diferencias significativas ($p<0,05$) entre ambos sitios. Estos resultados podrían deberse a que la intensidad de raleo no fue suficiente y que el bosque bajo estudio se encuentra en una etapa de sobre madurez. Las prácticas de manejo de los bosques con enfoque silvopastoril, deben apuntar a mejorar la productividad del sistema garantizando la permanencia del recurso como perspectiva de sustentabilidad.

Palabras clave: bosque nativo; manejo; degradación; arbustización, intervención

ABSTRACT

Caldén forests in La Pampa province have significant signs of degradation that result in shrubby forested areas causing negative consequences at economic, productive and ecosystem level. The management objectives points to the recovery of degraded areas in order to improve forest productive conditions through the partial reduction of woody coverage with various techniques. The aim of this work was to evaluate the effect of selective manual thinning on forest variables of a calden forest, carried out at Bajo Verde establishment of the Faculty of Agronomy in 2011. The sampling was carried out in plots in the treated area and its witness, where the variables were studied: total and cup cover forestly, basal area, density, regeneration, diversity and average annual radial growth (CRM), this last one by dendrochronology in borehole samples of pressler. Only a significant decrease in total coverage ($p<0.05$) was found in the thinned area. Basal area, canopy coverage, density and regeneration did not present significant differences between the treated and control area. The Shannon-Wiener index shows a relatively low diversity of species and finally the CRM did not show significant differences ($p<0.05$) between both sites. These results could be due to thinning intensity was not enough and the forest under study is in a stage of over maturity. Forest management practices with a silvopastoril approach should aim to improve the system productivity, guaranteeing the resource permanence as a sustainability perspective.

Keywords: native forest; management; degradation; shrub, intervention

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Problema científico 2
1.2 Objetivos 3
1.3 Hipótesis 3
2. MATERIALES Y MÉTODOS 4
2.1 Área de estudio 4
2.1.1 Ubicación geográfica y descripción general 4
2.1.2 Clima 5
2.1.3 Vegetación 6
2.1.4 Edafología 6
2.2 Reseña histórica del área de estudio 7
2.3 Ley 26331 Bosques Nativos: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde. 9
2.4 Descripción de variables de medición de árboles 11
2.4.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP) 11
2.4.2 Altura total 11
2.4.3 Clases de formas (CF) 12
2.4.4 Clase de posición de la copa 13
2.4.5 Criterio de inclusión o exclusión en las parcelas 13
2.5 Diseño de muestreo 14
2.5.1 Variables forestales medidas 15
2.5.2 Diversidad y riqueza de especies 16
2.5.3 Dendrocronología 16
2.5.3.1 Método de muestreo 16
2.5.3.2 Tratamiento de las muestras 18
2.5.3.3 Desarrollo de la Cronología 18
2.5.3.4 Medición de los anchos de anillos de cada muestra 19
2.6 Análisis estadístico 20
3. RESULTADOS 21
3.1 Variables forestales 21
3.2 Diversidad y riqueza de especies 22
3.3 Cronología del crecimiento 22
4. DISCUSIÓN 25
4.1 Variables forestales 25

4.2 Diversidad y riqueza de especies 25
4.2 Dendrocronología 25
5. CONCLUSIÓN 28
6. REFERENCIAS 29

ÍNDICE DE FIGURAS Y LÁMINAS

Figura 1. (A) Provincia Fitogeográfica del Espinal. (B) Ubicación geográfica del Espinal en la provincia de La Pampa. (C) Ubicación del establecimiento agropecuario Bajo Verde a 35km al NO de la ciudad de Santa Rosa por la Ruta Provincial Nº12….....5

Figura 2. Izquierda: ubicación geográfica de las Subregión de Colinas y Lomas. Derecha: ubicación geográfica de las Subregión Mesetas y Valles. Est. Bajo Verde. Fuente: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa. INTA, 1980……..……...5

Figura 3. Mapa ilustrativo del Agrimensor Baldomero Videla (1886). Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013……..…….…….....7

Figura 4. Análisis temporal del paisaje del Bajo Verde. Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013…….……...8

Figura 5. Arriba: rodalización en la establecimiento Bajo Verde. A) Agricultura. UMan) Unidades de rodales. Abajo: ordenamiento de unidades de manejo en el establecimiento Bajo Verde. Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013……..…..9

Figura 6. Arriba: En rojo ubicación de las cuatro áreas intervenidas mediante raleo manual por cuadrilla de hacheros en el año 2011 en el establecimiento agropecuario Bajo Verde. Abajo: perfil de elevación de la picada perimetral Este sobre la que se ubican las parcelas……...10

Figura 7. Procedimiento para las mediciones del DAP. (A) Árbol desde el suelo. (B) Árbol en pendiente. (C) Árbol inclinado. Fuente: modificado de SAyDS, 2007……..…….....11

Figura 8. (A) Sin origen común identificado, se consideran dos árboles. (B) Cuando se identifica un origen común por debajo de 0,3m, se considera dos fustes de un solo árbol. Fuente: modificado de SAyDS, 2007....……..……...…….....12

Figura 9. Clasificación de forma. (A) Árbol que se bifurca por encima de 1,30m. (B) Árbol que se bifurca por debajo de 1,30m. (C) Árbol que tiene bifurcaciones múltiples por debajo de 1,30m. Fuente: modificado de SAyDS, 2007....…….……...……...12

Figura 10. Árboles limítrofes en la determinación de la subparcelas. Fuente: modificado de SAyDS, 2007....……..…….....14

Figura 11. Izquierda: en rojo parcelas norte intervenidas mediante raleo manual por cuadrilla de hacheros (1ha). Derecha: rectángulos de color azul corresponden a parcelas en el área raleada y en amarrillo parcelas en el área testigo.....……....15

Figura 12. Izquierda: dentro de las parcelas generales en naranja, se localizan las parcelas de 10x10m donde se determinó la regeneración arbórea. Derecha: esquema de la parcela general y parcela de regeneración.....16

Figura 13. Izquierda: barreno de Pressler y materiales de campo. Centro: ubicación y rotulado de los tarugos de madera en el portamuestra. Derecha: tapón de parafina para el sellado de herida.....17

Figura 14. Izquierda: papel de lija de diferentes granulometrías. Derecha: tarugo adecuadamente pulido.....18

Figura 15. Lupa estereoscópica Olympus SZ61 del laboratorio de Dendrocronología de la UNSL.....18

Figura 16. Representación gráfica e ilustrativa del conteo de los anillos de crecimiento en una muestra de barreno en una especie leñosa. Fuente: modificado de Speer, 2010.....19

Figura 17. Descripción de la estructura leñosa de *P. caldenia* en lupa estereoscópica Olympus SZ61. Izquierda: vista general. Derecha: detalle del anillo de crecimiento con los elementos constitutivos. Fuente: modificado de Villalba, 2000.....19

Figura 18. Equipo de medición Velmex Inc. del laboratorio de Dendrocronología de la UNSL.....20

Figura 19. Valores promedio de individuos por hectárea de renovales Clase 1 (<1,3m de altura), Clase 2 (>1.3m de altura y diámetro <5cm) y Clase 3 (>1,3m de altura, diámetro >5 y <10cm) en área raleada y testigo. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos p<0,05.....21

Figura 20. Crecimiento radial medio (mm) de individuos de *P. caldenia* de diferentes clases etáreas elegidos al azar, pertenecientes al área testigo del bosque maduro de la Estancia Bajo Verde. Árbol 1: DAP 47cm, altura 7,8m, diámetro de copa 8,65m, clase de copa Dominante. Árbol 4: DAP 31,3cm, altura 7,5m, diámetro de copa 6,4m, clase de copa Codominante. Árbol 5: DAP 12,8cm, altura 5m, diámetro de copa 3,3m, clase de copa Dominado.....23

Figura 21. Crecimiento radial medio (mm) anual en individuos de *Prosopis caldenia* del período 2001-2018, correspondientes al área raleada y testigo de un bosque en la Estancia Bajo Verde.....23

Figura 22. Representación gráfica de las medianas y desviaciones estándares del crecimiento radial medio para el área raleada y testigo del período 2011-2018……..……..24

Figura 23. Crecimiento radial medio (mm) de individuos dominantes correspondientes a la cohorte de 1890 y 1920 en rodales de *P. caldenia* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde. Fuente: Vivalda, 2013…….....…….……..……..26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados promedio de las variables medidas en cada tratamiento……....21

Tabla 2. Resultados de diversidad, riqueza y abundancia de especies para el área tratada y testigo…….22

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina, las áreas boscosas nativas, con sus particularidades, adquieren características comunes en cuanto a su historia de uso asociadas a manejos inadecuados del recurso (SAyDS, 2005; Viglizzo *et al*, 2011; FAO, 2007). La sobreexplotación de especies madereras valiosas, tala selectiva, sobrepastoreo, creciente expansión de la frontera agropecuaria sumado a la falta de planes de manejo del recurso forestal, generó que los bosques nativos argentinos sufrieran un rápido deterioro en su potencial productivo y superficie (SAyDS, 2005). Para fines del siglo XIX y principios del siglo XX, la superficie boscosa del país se estimaba en 100 millones de hectáreas, aproximadamente. En la actualidad, esa superficie ha sufrido una notable disminución, afectando más del 50% (Zarrilli, 2016).

Los bosques de caldén en La Pampa no escapan a esta situación, presentando importantes signos de degradación en toda su extensión (SAyDS, 2006). Esta situación se ve reflejada en un intenso proceso de arbustización provocando un desarrollo excesivo del estrato intermedio compuestos por arbustos y leñosas (Cano *et al*, 1980; Vázquez *et al*, 2013). Esta situación de degradación genera consecuencias negativas en varios aspectos; a nivel productivo, siendo la ganadería la actividad económica dominante en la región, dicha actividad se ve perjudicada ya que el cerramiento de los bosques por un excesivo desarrollo de la vegetación arbustiva afecta fuertemente la calidad de los pastizales naturales, siendo reemplazados por especies de menor valor forrajero (Estelrich *et al*, 2005; Morici, 2006; Morici *et al*, 2003, 2006, 2009; Peláez *et al*, 1992). Por otro lado, el aprovechamiento forestal está centrado principalmente en la obtención de leña para calefacción y postes para la construcción y mejoramiento de infraestructura interna de los establecimientos rurales. En lo que respecta a madera para la industria, prácticamente no existen sitios donde se puedan encontrar rollizos de caldén de calidad (SAyDS, 2006).

Además de los aspectos económicos y productivos del bosque de caldén es importante destacar los múltiples servicios ecosistémicos que brinda, tales como la regulación del clima, regulación del ciclo hidrológico, protección del suelo, secuestro de carbono, hábitat para especies silvestres, además de la importancia que reviste el bosque de caldén a la sociedad por su carácter endémico (Tello *et al*, 2015).

El estudio del bosque y su dinámica de crecimiento puede ser abordada a partir de diversas metodologías. Una de las técnicas más utilizadas es la dendrocronología, ciencia

que estudia la edad y variaciones en el crecimiento de los árboles a partir de la lectura e interpretación de los anillos de crecimiento. Estudios dendrocronológicos sobre el caldén en la provincia de La Pampa, se sitúan como los primero realizados en Suramérica, por su potencial como registro de sequías en el año 1930 (Krebs y Fisher, 1931). Villalba *et al* (2000), propone que son muchas las razones por las cuales es necesario fechar y medir las variaciones en el crecimiento de los bosques de *Prosopis spp*. El estudio de variables del bosque como estructura de edad, determinación de turnos de aprovechamiento, relaciones entre crecimiento leñoso, fructificación y variaciones climáticas o conocer la reacción de un bosque a un tratamiento silvícola determinado, necesita del fechado y evaluación de los ritmos pasados y presentes del crecimiento. A partir de estudios dendrocronológicos en caldén, Bogino y Villalba (2008) han estimado el crecimiento radial y el turno biológico de corta de esta especie. Además de lo expuesto, la dendrocronología es una técnica de gran utilidad para la evaluación a largo plazo de la respuesta de la masa forestal a diversas intervenciones silvícolas con fines de manejo.

Teniendo en cuenta el estado actual de las áreas boscosas nativas de nuestra provincia, los objetivos de manejo están orientados principalmente a la recuperación de áreas degradadas, con el fin de mejorar las condiciones productivas del bosque. En este marco, las estrategias de intervención están asociadas a la disminución parcial de la cobertura y densidad de arbustos y leñosas, con el fin de mejorar la calidad del pastizal natural. Además, esto genera un ambiente favorable para el crecimiento, un mejor desarrollo del porte de los árboles y de la regeneración natural del bosque; teniendo en cuenta esta variable como un factor clave en la recuperación de ambientes degradados y permanencia del bosque.

1.1 Problema científico

La problemática se plantea como, ausencia de resultados científicos y concretos a mediano y largo plazo de diversas técnicas de manejo sobre bosques nativos semiáridos, orientadas a rehabilitar áreas degradadas, potencializando las cualidades ecológicas y productivas que ofrecen los bosques de caldén.

En este contexto, las quemas controladas y el rolo mecánico se difunden como las prácticas más comunes utilizadas para el control de arbustos y mejoramiento del pastizal natural en la región del Caldenal y Monte Occidental. Otras de las técnicas menos utilizadas es el raleo selectivo manual. La extracción de raíz de los individuos es una de las ventaja más importante de este método, ya que garantiza la ausencia de rebrote basal pos extracción, condición que caracteriza a la vegetación en ambientes áridos y semiáridos. Caso contrario a

las técnicas de corte basal o afectación de la parte superficial de la vegetación, como el rolo mecánico y las quemas controladas. Su principal crítica radica en el mayor tiempo de operación y costos elevados.

Existen evidencias científicas que demuestran un mejoramiento de la productividad del sistema luego de la aplicación del tratamiento de raleo selectivo manual. Bregaglio *et al*, (2001), midieron un aumento de la biomasa forrajera del estrato herbáceo del 300%, una disminución del área desaprovechada por el ganado del 17,7% y un aumento de la regeneración de especies forestales del 500% en un área afectada por desmonte selectivo manual en un bosque del Chaco Árido.

Teniendo en cuenta la normativa legal que regula la explotación forestal de los bosques nativos en el país, es necesaria la adquisición de conocimiento científico específico en la temática como base para la elaboración de prácticas de manejo aplicables a cada situación particular.

1.2 Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el efecto del raleo selectivo manual sobre variables forestales de un bosque nativo de caldén.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto del raleo selectivo manual sobre el crecimiento en diámetro del estrato arbóreo.
2. Evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la regeneración del bosque.
3. Evaluar el efecto del raleo selectivo manual sobre la diversidad y riqueza de especies arbóreas acompañantes y arbustivas.

1.3 Hipótesis

- El raleo selectivo manual mejora la condición del bosque del caldén como recurso ecológico - productivo.

Predicción 1. El engrosamiento de los anillos de crecimiento de los árboles será mayor después del raleo en comparación con los árboles de los sitios no raleados.

Predicción 2. La disminución en la cobertura arbórea favorecerá el desarrollo de la regeneración del bosque.

Predicción 3. La diversidad y riqueza de especies arbóreas acompañantes y arbustivas será mayor en los sitios raleados en comparación con los no raleados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

2.1.1 Ubicación geográfica y descripción general

Desde el punto de vista Fitogeográfico, el sitio de estudio se encuentra inserto en el Distrito del Caldén, perteneciente a la Provincia del Espinal, correspondiente al Dominio Chaqueño de la Región Neotropical (Cabrera, 1976). Es el distrito más seco y austral de la ecoregión del Espinal, cubre una superficie de 196.332 km^2 y se extiende 782 km desde el sudoeste de Córdoba, centro y sur de la provincia de San Luis, centro de La Pampa, sur de la provincia de Buenos Aires hasta el noreste de Río Negro (Fig. 1A) (SAyDS, 2006). En la provincia de La Pampa (Fig. 1B) se desarrolla entre las isohietas de 400 y 600 mm, ocupando principalmente áreas bajas y depresiones. El paisaje predominante es de llanura plana a suavemente ondulada donde la especie arbórea dominante es el caldén (*Prosopis caldenia* Burk), que forma bosques xerófilos más o menos densos, sabanas con gramíneas, áreas medanosas con vegetación psammófila y matorrales o estepas halófilas. Dentro del Distrito del Caldén, el bosque en estudio se ubica en la fracción límite entre las Subregiones de Lomas y Colinas y Mesetas y Valles (Fig. 2) (Cabrera, 1976; Cano *et al*, 1980).

El estudio se llevó adelante en el establecimiento agropecuario Bajo Verde (36°28’48’’S - 64°35’03’’O) propiedad de la Facultad de Agronomía (UNLPam), departamento Toay, provincia de La Pampa, Argentina (Fig. 1C). Se encuentra a la altitud de 235 msnm; la superficie actual del predio es de 1964 Ha, donde el 83% de la superficie corresponde a una cobertura boscosa de diversas fisonomías y el resto está destinado a actividades agrícola-ganaderas (325 Ha), siendo la cría de ganado vacuno la principal actividad desarrollada en las últimas décadas. El establecimiento actualmente funciona como campo de enseñanza por las distintas actividades académicas productivas de la Facultad de Agronomía y como Unidad Demostrativa de manejo de bosque nativo. El mismo se encuentra bajo Plan de Manejo Sustentable en el marco de la Ley Nacional 26331.

La vegetación natural en el área de estudio está representada por un bosque secundario con relictos de pequeña extensión del bosque prístino, se encuentra ubicado en el área clasificada por la provincia de La Pampa como Categoría II, de acuerdo a la Ley Provincial Nº 2624 de Ordenamiento Territorial de los Bosque en la Provincia de La Pampa y Ley Nacional Nº 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

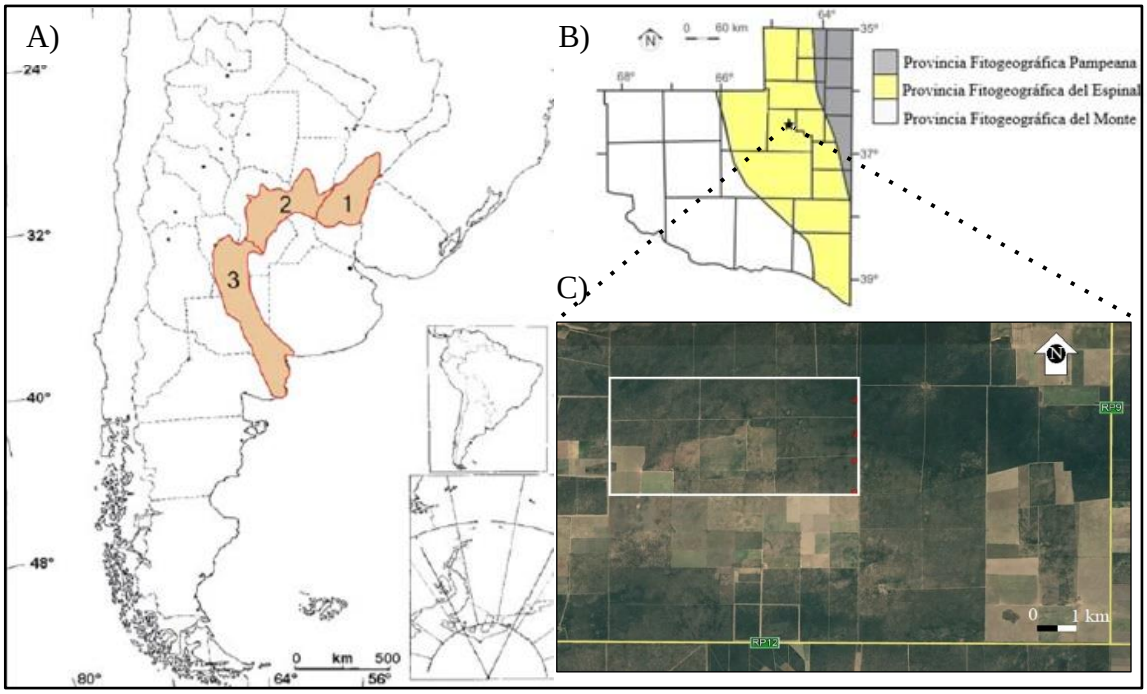

Figura 1. (A) Provincia Fitogeográfica del Espinal. (B) Ubicación geográfica del Espinal en la provincia de La Pampa. (C) El recuadro en blanco corresponde a la ubicación del establecimiento agropecuario Bajo Verde a 35km al NO de la ciudad de Santa Rosa por la Ruta Provincial Nº 12.

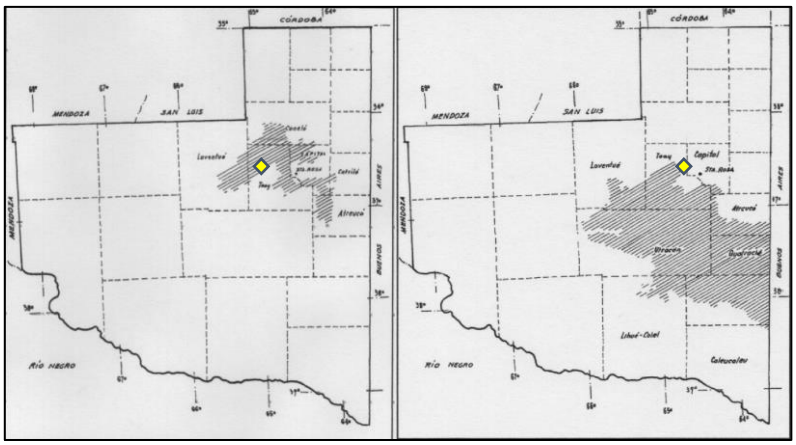

Figura 2. Izquierda: ubicación geográfica de las Subregión de Colinas y Lomas. Derecha: ubicación geográfica de las Subregión Mesetas y Valles. Est. Bajo Verde. Fuente: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa. INTA, 1980.

2.1.2 Clima

El régimen de precipitaciones es monzónico, con una media anual de 550 mm, produciéndose los mayores valores de déficit hídrico en los meses de verano (diciembre a marzo). El índice hídrico permite ubicar al caldenal como de Régimen Hídrico Semiárido (Jacyszyn y Pitaluga, 1977). La temperatura media anual es de 15,5 ºC, mientras que para los meses más fríos (junio a septiembre) es de 8 ºC y de 23,2 ºC para los meses de verano (Cano

et al, 1985). Cabe resaltar que La Pampa posee una gran amplitud térmica que alcanza valores de 16 grados.

Los vientos predominantes son del noroeste y suroeste, siendo los primeros cálidos y húmedos, y los últimos fríos y secos. La velocidad promedio es de 10 km/h y los valores máximos se registran en primavera. Suelen formarse tormentas eléctricas en los meses de verano (Cano, 1980).

2.1.3 Vegetación

La vegetación típica es un bosque dominado por *Prosopis caldenia* (caldén) que forma bosques asociados a otras especies arbóreas presentes como: *Prosopis flexuosa* (algarrobo), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Schinus fasciculatus* (molle) y *Jodina rhombifolia* (sombra de toro). Las especies más relevantes del estrato arbustivo son: *Condalia microphylla* (piquillín), *Lycium chilense* (llaollín), *Lycium gilliesianum* (piquillín de víbora), *Ephedra triandra* (tramontana), *Chuquiraga erinacea* (chilladora), *Larrea divaricata* (jarilla hembra) *y Prosopidastrum globosum* (manca caballo). Entre las gramíneas más frecuentes se encuentran *Stipa tenuis* (flechilla fina), *Stipa tenuissima* (paja), *Piptochaetium napostaense* (flechilla negra), *Stipa gyneiroides* (paja blanca), *Poa ligularis* (unquillo), *Aristida subulata* (pasto crespo), *Trichloris crinita* (plumerito), *Digitaria californica* (pasto plateado) y *Setaria leucopila* (cola de zorro) (Adema *et al*, 2003; SAyDS, 2006).

2.1.4 Edafología

Los suelos de esta región están determinados por condiciones climáticas de semi-aridez, en un régimen de humedad variable de tipo ústico. En general, son suelos poco evolucionados con poca diferenciación de horizontes, muy drenados, con baja capacidad de retención de agua y con un contenido de materia orgánica de baja a mediana (1,5–3%). Suelen presentar carbonato de calcio en forma desagregada o en concreciones y tosca. Debido a la poca estructura del suelo, es importante la erosión hídrica y eólica en vastos sectores del distrito. Pertenecen en su mayoría a los órdenes taxonómicos Molisoles y Entisoles, predominantemente Haplustoles en el sector oriental y Ustipsamentes en el occidental (Adema *et al*, 2003; Boyero, 1985; Cano *et al*, 1980).

El suelo del área de estudio se clasifica como Haplustol éntico, de textura predominantemente franco arenosa (11,7% de arcilla, 21,6% de limo y 66,7% de arena). Presenta un perfil del tipo A-AC-C, el horizonte superficial es profundo y tiene buena provisión de materia orgánica.

2.2 Reseña histórica del área de estudio

La zona donde se ubica el establecimiento Bajo Verde fue ampliamente utilizada por grupos ranquelinos para el pastoreo de ganado, según atestigua en 1806 Luis de la Cruz, explorador chileno, al pasar por la estancia contigua al Bajo Verde denominada Calchahue (Jimenez, 2002; Aguerre y Tapia, 2002). Durante el periodo de colonización (1878-79) se despoja a los aborígenes de sus tierras natales y se realizaron amplios desmontes en toda esta zona a fin de permitir el desarrollo de actividades agrícolas y de ganadería lanar (Garbarino, 2008). Según los archivos consultados en la Dirección General de Catastro de la Provincia de la Pampa (Fig. 3), sobre las mensuras originales del agrimensor Videla correspondientes al año 1886, puede observarse en el recuadro rojo la delimitación aproximada del establecimiento Bajo Verde. Sobre el margen superior izquierdo del predio, el área punteada define áreas boscosas denominadas textualmente “montes de algarrobo”, mientras el resto del área corresponde a espacio abierto.

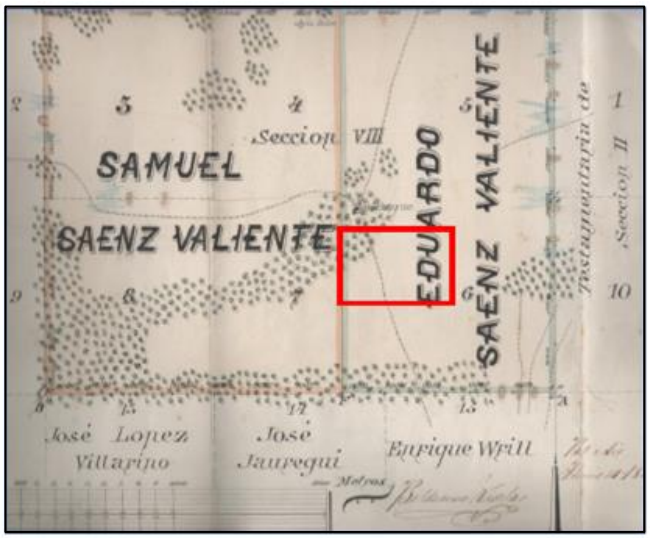

Figura 3. Mapa ilustrativo del Agrimensor Baldomero Videla (1886). El recuadro en rojo correspondería al Establecimiento Bajo Verde. Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013.

El predio en la década de 1930 estaba poblado al menos por diez familias de chacareros de origen europeo dedicados a la agricultura y la ganadería. En el año 1936, la propiedad es abandonada a raíz de las sequías y de la crisis económica de la época, siendo arrendado a una sola familia (González - Iraola) para actividades ganadera extensivas, explotación lanar hasta 1950 y ganadería de cría bovina hasta 1993. En esta época se recolonizan los espacios abiertos por nuevos caldenales como formaciones boscosas secundarias, por efecto de la diseminación con el bosteo. Tal característica, se constata mediante fotografías aéreas del año 1961 que denotan el retorno incipiente de la vegetación

leñosa (Fig.4). En relación a la extracción maderera, se concibe que los indicios de cortes detectados en el predio son anteriores a la presencia de la familia Gonzales Iraola (1936), dado que nunca realizaron prácticas de desmonte de ningún tipo (Iraola J.C. comm. pers.).

El titular registral para ese entonces era el Sr. Canesa, quien heredó el campo de su padre; descendiente de italianos cuyo patrimonio en Argentina estaba compuesto por inmuebles en provincia de Buenos Aires y La Pampa. En 1993 el titular registral del predio fallece sin herederos, quedando la propiedad vacante. El establecimiento fue cedido en comodato a la Facultad de Agronomía por Convenio con la Delegación de Herencias Vacantes y Asuntos Civiles de Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (Res. 176/96 del CS de la UNLPam). Desde entonces, el predio se sigue dedicando a la cría de bovinos, con algún ensayo agrícola, además de las actividades docentes, de investigación y extensión de esta universidad.

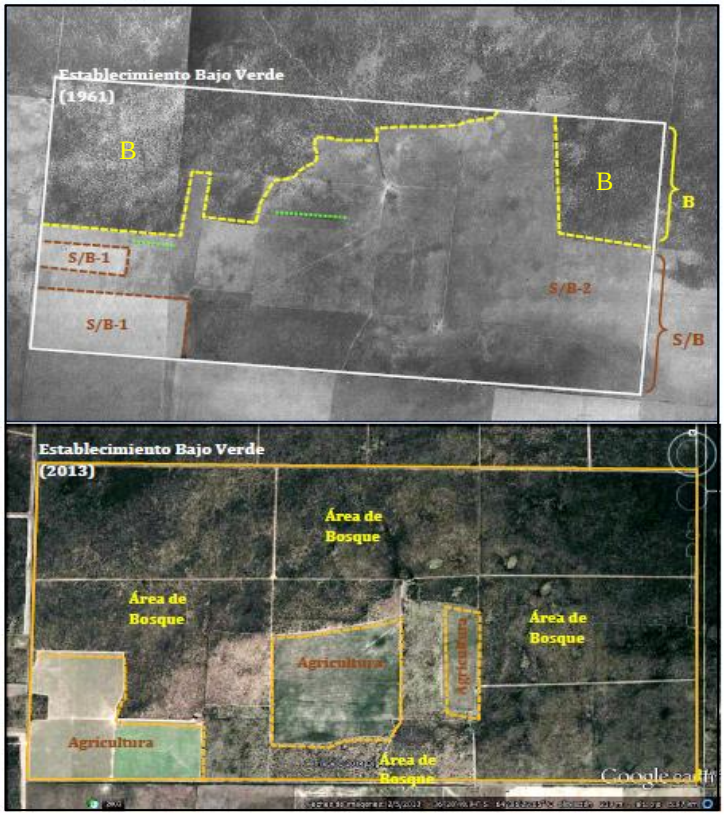

Figura 4. Análisis temporal del paisaje del Bajo Verde. Arriba: fotografía aérea, año 1961. B) Áreas de bosque de caldén. S/B) Áreas sin bosque: S/B-1) Agricultura; S/B-2) Pasturas o cultivos abandonados. El punteado en verde corresponde a hileras de árboles que aún se observan en la actualidad. Abajo: imagen satelital del Establecimiento Bajo Verde, año 2013. Las áreas limitadas en punteado anaranjado corresponden a lotes de agricultura. El área restante del predio corresponde a superficie boscosa en distinto estado sucesional. Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013.

2.3 Ley 26331 Bosques Nativos: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde.

En el año 2011, el establecimiento Bajo Verde se presenta como sitio de implementación de los primeros proyectos experimentales de aplicación de la Ley Nacional 26331 (Res. 258/09 SAyDS). Dicho proyecto se denominó "Elaboración de Pautas de Manejo Sustentable del Bosque de Caldén en el establecimiento Bajo Verde" y en el marco del mismo se llevó adelante el inventario forestal del predio y una intervención con raleo manual de 4 hectáreas de bosque.

A partir de los resultados del inventario forestal, análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales, se establecieron tres rodales definitivos, diferenciados principalmente por la edad de la masa arbórea y datos de área basal (Fig, 5). Así mismo, teniendo en cuenta la división de potreros definida en el establecimiento y a los fines de manejo predial, el área total quedó dividida en 10 Unidades de Manejo (UMS).

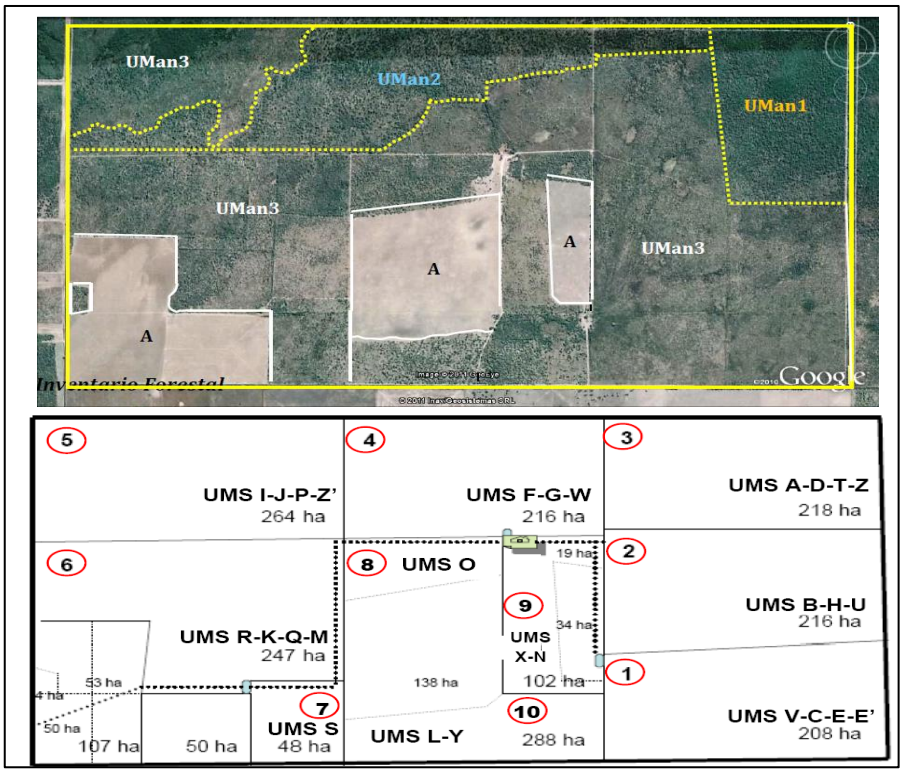

Figura 5. Arriba: rodalización en la establecimiento Bajo Verde. A) Agricultura. UMan) Unidades de rodales. Abajo: ordenamiento de unidades de manejo en el establecimiento Bajo Verde. Fuente: Plan de Manejo Sostenible Establecimiento Bajo Verde, 2013.

El raleo selectivo manual se planteó como práctica experimental con el fin de ser evaluado como herramienta de manejo sustentable del bosque de caldén, buscando mejorar la producción forestal y aumentar la productividad del pastizal natural. El raleo se realizó por cuadrilla de hacheros en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2011 y se afectó aproximadamente el 30% de la cobertura total, extrayendo tanto árboles como arbustos. Respecto a los individuos arbóreos, se tuvo en cuenta características como porte de los árboles, densidad, distribución en el espacio, sanidad y presencia de renuevos, eliminando los individuos menos deseados o que no cumplieran con las características mencionadas.

Se intervinieron 4ha de bosque nativo de diferente fisonomías ubicadas sobre la picada perimetral Este del predio, con una superficie de 1ha cada parcela intervenida y distantes entre sí 750m (Fig. 6). Las dos parcelas ubicadas en la parte norte se encuentran sobre una fisonomía de bosque antiguo de mayor densidad en comparación con las dos parcelas sur, que pertenecen a un bosque secundario menos denso que no superaría los 60 años como se pudo observar en el análisis multitemporal de fotografías aéreas de 1960 e imágenes satelitales actuales.

Figura 6. Arriba: en rojo ubicación de las cuatro áreas intervenidas mediante raleo manual por cuadrilla de hacheros en el año 2011 en el establecimiento agropecuario Bajo Verde. Abajo: perfil de elevación de la picada perimetral Este sobre la que se ubican las parcelas.

El presente estudio fue realizado sobre las dos parcelas Norte (P1 y P2) de bosque maduro. La fisonomía dominante en el sitio es un bosque irregular de *P. caldenia* (caldén) de más de 200 años de edad (Medina, 2007) con una cobertura total del 80%, entre árboles más arbustos. Se destaca la presencia de individuos arbóreos de muy buen porte, mayores a 10m de altura, con alto potencial de productos forestales madereros. Un estrato arbustivo

muy denso y cerrado, existiendo sobrecobertura en algunos puntos, dominado por *Condalia microphylla (*piquillín), *Schinus fasciculatus* (molle) y en menor grado *Lycium chilense* (llaollín) y *Lycium gilliesianum* (piquillín de víbora). El estrato graminoso-herbáceo está dominado por especies no forrajeras de los géneros *Nassella*, *Jaraba* y *Amelichloa*.

2.4 Descripción de variables de medición de árboles

Se utilizó como guía la metodología del Inventario Forestal para el Distrito del Caldenal propuesta por el Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2007).

2.4.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro de altura al pecho (DAP) se mide en centímetro con corteza a 1.3m desde el nivel del suelo, mediante el uso de una forcípula. Para la medición del mismo se deberá tener en cuenta la forma e inclinación del árbol y la pendiente, donde en cada caso, se deberá respetar determinados criterios de medición (Fig. 7). Para que un fuste sea considerado árbol el DAP debe ser mayor a 10 cm, en caso de que sea menor el mismo se considera regeneración (DAP < 10cm). El DAP es un parámetro fundamental, ya que a partir de este se obtienen otras variables de importancia dasonómica como el área basal y volumen, en ejemplares individuales y por hectárea.

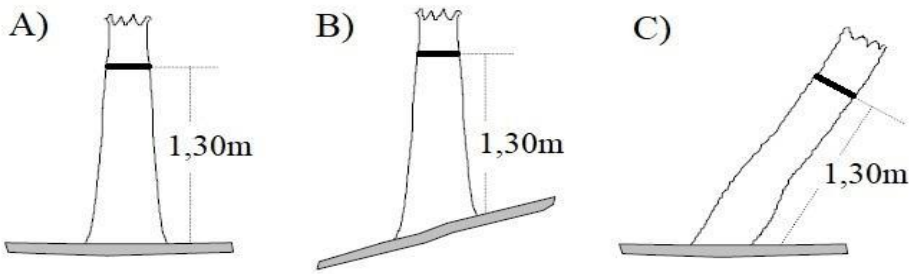

Figura 7. Procedimiento para las mediciones del DAP. (A) Árbol desde el suelo. (B) Árbol en pendiente. (C) Árbol inclinado. Fuente: modificado de SAyDS, 2007.

2.4.2 Altura total

Corresponde a la distancia desde la base del árbol hasta la rama terminal viva más alta. Las alturas se midieron con hipsómetro Blume Leiss a una distancia de 15m del árbol. En áreas muy cerradas se midió o estimó de forma visual debido a la falta de espacio para el uso del instrumento de medición, recurriendo en algunos casos a realizar cruz del hachero o el uso de jalones. Se tomó una sola altura para todo el árbol para cualquier clase de forma.

2.4.3 Clases de formas (CF)

Variable dasométrica que considera la altura a la que se bifurca el árbol para dar noción de su morfología. Para el presente trabajo se determinó que todo fuste que proviene de una bifurcación por debajo de 0,30m pertenece a un solo árbol (Fig. 8A). En el caso que no haya bifurcación por debajo de 0,30m se considera que los fustes perteneces a un mismo árbol (Fig. 8B).

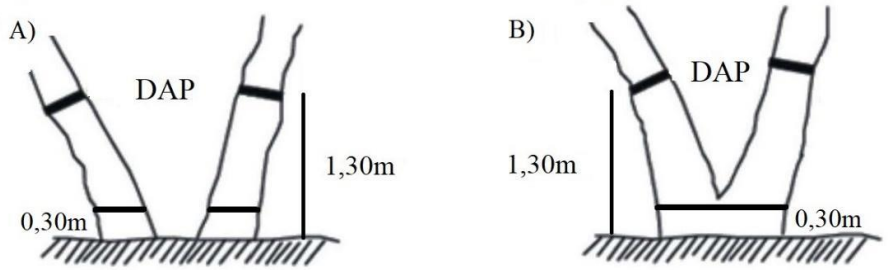

Figura 8. (A) Sin origen común identificado, se consideran dos árboles. (B) Cuando se identifica un origen común por debajo de 0,3m, se considera dos fustes de un solo árbol. Fuente: modificado de SAyDS, 2007.

<u>Clasificación</u>

- Árbol clase 1: árbol que se bifurca por encima de 1,30m desde el suelo. El DAP se midió a 1,30m (Fig. 9A).
- Árbol clase 2: árbol que se bifurca en un punto por debajo de 1,30m. Se midieron los DAP a cada fuste (Fig. 9B).
- Árbol clase 3: árbol con bifurcaciones múltiples por debajo de 1,30m. Se midieron los DAP de cada fuste (Fig. 9C).

En los casos de las bifurcaciones que se localizan a 1,30m la medición se realizó por debajo de esa altura, simplificando la clase de forma, y de modo tal de evitar el engrosamiento que se produce por el efecto de bifurcación.

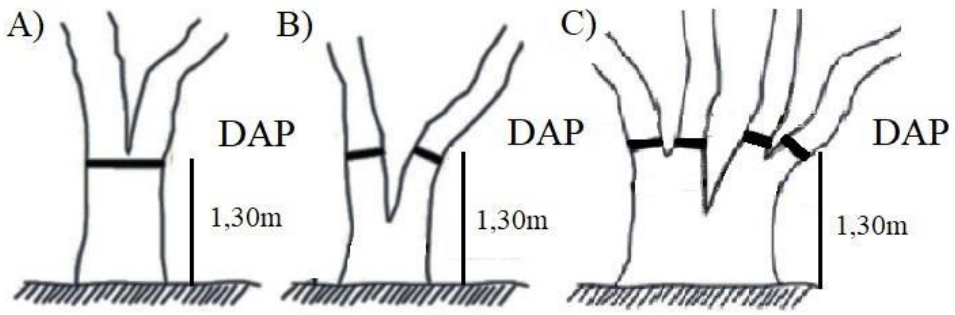

Figura 9. Clasificación de forma. (A) Árbol que se bifurca por encima de 1,30m. (B) Árbol que se bifurca por debajo de 1,30m. (C) Árbol que tiene bifurcaciones múltiples por debajo de 1,30m. Fuente: modificado de SAyDS, 2007.

2.4.4 Clase de posición de la copa

Del sistema elaborado por Dawkins (1958) de cinco clases para bosques subtropicales, sólo se han registrado las siguientes tres clases de posición de copa de árbol (SAyDS, 2007):

1. Dominante: Equivalente a emergente en los diagramas de Dawkins. Copa totalmente expuesta verticalmente a la luz directa y libre de competencia por lo menos en 90º del cono invertido desde la base de la copa. Los ejemplares se reconocen exitosos en la competencia inter o intraespecífica dado que presentan buen porte forestal (fuste recto de importante desarrollo diamétrico) y por lo general sobresalen en altura.

2. Codominante: Equivalente a las categorías 2, 3 y 4 en los diagramas de Dawkins. Copa total o parcialmente expuesta verticalmente. Puede recibir algo de sombra de copas adyacentes pero debe recibir luz directa vertical o lateral. Se trata de ejemplares que por lo general, representan la altura media del bosque para la parcela en estudio.

3. Dominado: Equivalente a la categoría 5 de Dawkins. Sin luz directa, copa totalmente sombreada tanto verticalmente como lateralmente. Por lo general son ejemplares de menor altura o ejemplares altos con fustes de escaso desarrollo diamétrico, pudiendo ser muy tortuosos relacionados al hecho de la búsqueda de luz solar.

2.4.5 Criterio de inclusión o exclusión en las parcelas

La medición de los límites de la parcelas se realizó con precisión utilizando una cinta métrica, y también se determinó un criterio de inclusión o exclusión de los árboles límites que afectaría a los resultados totales del muestreo. Si la base del árbol entra en la parcela en su totalidad o más de la mitad de la base está adentro, se miden todos los fustes del mismo aunque algunos fustes se encuentren fuera de los límites de la parcela, si la base del árbol está fuera del límite, dicho árbol no entra en la parcela por lo tanto no se mide ningún fuste (Fig. 10).

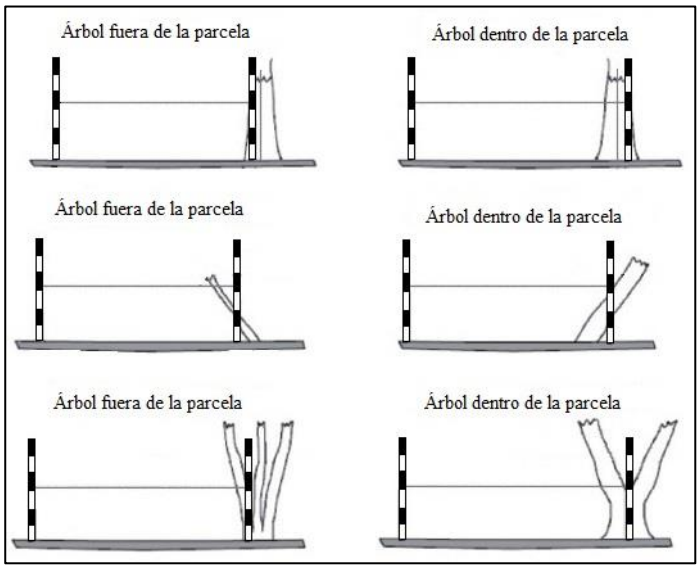

Figura 10. Árboles limítrofes en la determinación de la subparcelas. Fuente: modificado de SAyDS, 2007.

2.5 Diseño de muestreo

Las mediciones para evaluar el efecto de la práctica de raleo manual sobre las variables forestales se realizaron en 2018, siete años después de la intervención en 2011. El muestreo se realizó sobre las dos parcelas intervenidas ubicadas en la parte norte, cada una de ellas de 1ha y parcelas testigos del mismo entorno (Fig. 11).

En primera instancia, se determinó el perímetro de las áreas tratadas o raleadas (en rojo), para luego de manera aleatoria a campo, situar y demarcar las parcelas de muestreo. Se establecieron parcelas rectangulares de 25x10m, cuatro en el área tratada y cuatro para su testigo (Fig. 11). Cada parcela posee una superficie de 250m^2, siendo el tamaño total del muestreo, para cada área raleada y testigo, de 1.000m^2.

Para definir los límites de cada parcela se utilizaron jalones metálicos en cada uno de los vértices, se encuadro mediante el uso de una escuadra óptica y se registró con GPS (Garmin e Trex 10) cada uno de los extremos.

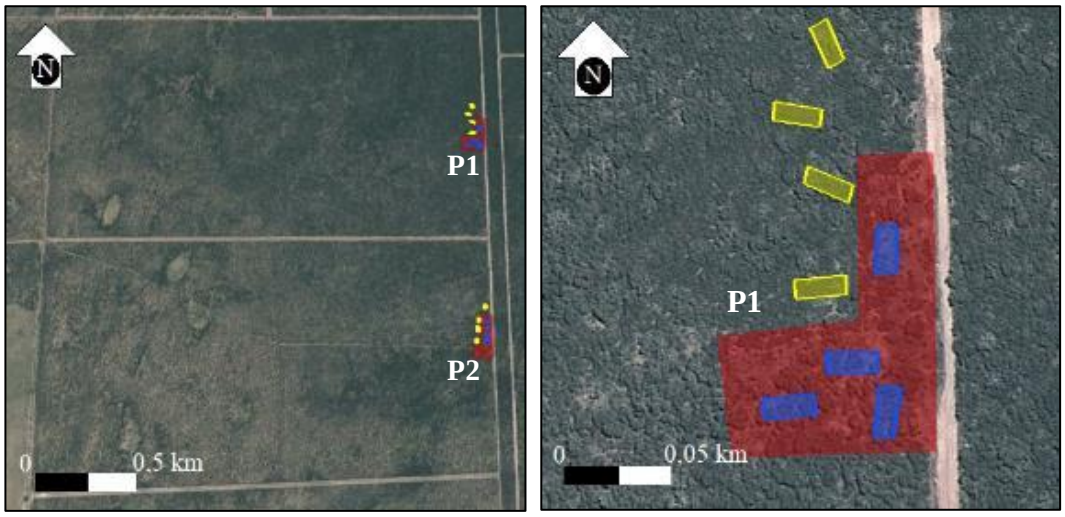

Figura 11. Izquierda: en rojo parcelas norte intervenidas mediante raleo manual por cuadrilla de hacheros (1ha). Derecha: rectángulos de color azul corresponden a parcelas en el área raleada y en amarrillo parcelas en el área testigo.

2.5.1 Variables forestales medidas

A todos los árboles dentro de la parcela se les midió el DAP (cm) y diámetro de copa (m), con el fin de determinar área basal y cobertura de copa respectivamente. En ambos casos se realizaron dos mediciones de forma perpendicular para la obtención de un promedio. También en las mismas se determinó para todos los árboles clase de posición de la copa (dominante, codominante, dominado), altura total (m) y cobertura total (árboles y arbustos) por estimación visual en porcentaje.

La regeneración arbórea, a los fines de este muestreo, se consideró a todos los individuos de especies arbóreas con diámetros menores de 10cm (DAP < 10cm), sin discriminar si la misma proviene de reproducción vegetativa o por semilla. Se clasificó en (SAyDS, 2007):

- Clase 1: renovales menores a 1.3m de altura.
- Clase 2: renovales mayores a 1.3m de altura y menores de 5cm de DAP.
- Clase 3: renovales mayores de 1.3m con un DAP mayor a 5 y menor a 10cm.

La regeneración arbórea se midió en parcelas de 10x10m, constituyendo una superficie de $100m^2$ (Fig. 12). Para la instalación de la misma, sobre la línea inicial de 25m a la distancia de 10m se colocó otro jalón metálico para demarcar el límite del cuadrado.

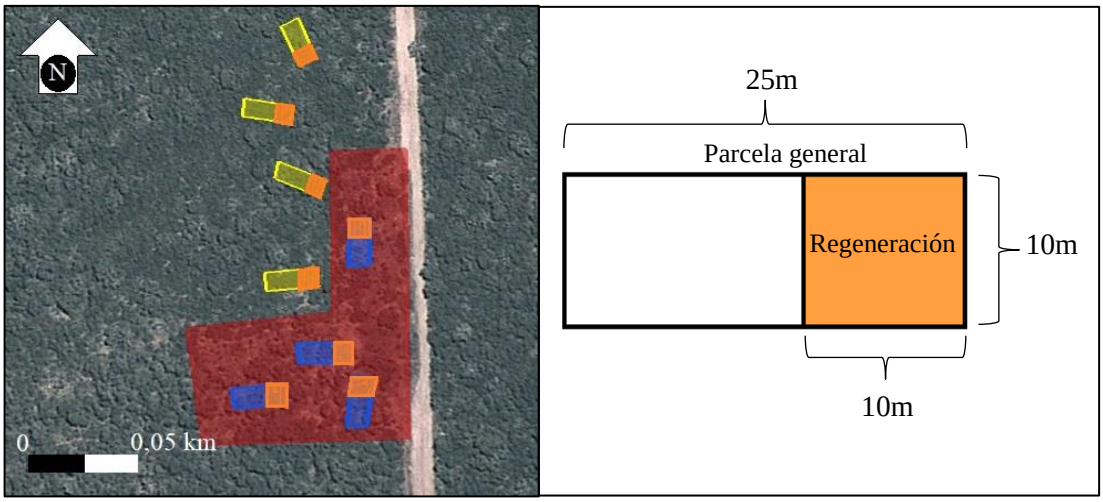

Figura 12. Izquierda: dentro de las parcelas generales en naranja, se localizan las parcelas de 10x10m donde se determinó la regeneración arbórea. Derecha: esquema de la parcela general y parcela de regeneración.

2.5.2 Diversidad y riqueza de especies

Para evaluar el efecto del raleo selectivo manual sobre la diversidad y riqueza de especies arbóreas y arbustivas acompañantes, se contabilizó en todas la parcelas de 25x10m (250 m^2) el número de individuos y de especies presentes. Se empleó el índice de diversidad de Margalef y el índice de Shannon-Wiener para determinar riqueza y abundancia de especies.

2.5.3 Dendrocronología

En este trabajo de Tesina el tratamiento y lectura de muestras, la medición del crecimiento de los anillos y el desarrollo de la cronología, se realizó en el Laboratorio de Dendrocronología del Departamento de Ciencias Agropecuarias, dependiente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económicas - Sociales de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL).

2.5.3.1 Método de muestreo

Las muestras fueron obtenidas a la altura del DAP con el objetivo de facilitar su extracción, siendo siempre extraídas por el mismo operario. Se obtuvieron tarugos de madera de sección cilíndrica, mediante el uso del barreno forestal de Pressler. Las muestras para la comparación de anillos de crecimiento, fueron obtenidas de árboles (DAP > 10cm) de toda el área de la parcela raleada y su correspondiente testigo. Con el fin de incluir en el muestreo las distintas clases etarias, el criterio de selección fue medir ejemplares de distintos DAP pertenecientes a la Clase de forma 1. Los tarugos extraídos se fijaron a campo y se secaron

en un portamuestras, para ser posteriormente pulidas a mano con lijas de grano progresivamente más fino.

En este estudio se utilizó la convención de Schulman (1956) para el hemisferio sur, la cual asigna a cada anillo el año en que se inició el crecimiento. Para la recolección de las muestras en el estudio dendrocronológico, se organizaron 4 salidas de campo en los meses de noviembre de 2018, abril y mayo de 2019. Período, en el cual, el crecimiento de *P. caldenia* se encontraba iniciando y finalizado respectivamente, para el año 2018.

En cada parcela intervenida y su testigo se muestrearon cinco árboles, haciendo un total de 20 árboles muestreados. Se procedió a extraer dos muestras de cada individuo, para construir la cronología de crecimiento medio anual y cada tarugo fue extraído de radios distintos por sección transversal, con un largo que variaba entre los 5 y 10cm de largo. A cada árbol se le midió DAP, diámetro de copa, clase de copa y altura.

Antes de cada extracción, al barreno de Pressler se le realizó una limpieza, mediante el uso de una esponja de acero, para evitar acumulación de resina y se lo lubricó utilizando vaselina. Las muestras, inmediatamente después de su extracción fueron fijadas con cola vinílica en el campo, en un portamuestras de madera con ranuras, tallado manualmente. Obtenidas las muestras, se las rótulo de manera tal que pudiese identificarse de donde fueron extraídas. Extraído cada tarugo, se selló la herida del árbol con un tapón de parafina, elaborada para dicho objetivo, para evitar la entrada de organismos o la proliferación de enfermedades (Fig.13).

Figura 13. Izquierda: barreno de Pressler y materiales de campo. Centro: ubicación y rotulado de los tarugos de madera en el portamuestra. Derecha: tapón de parafina para el sellado de herida.

2.5.3.2 Tratamiento de las muestras

Se dejó secar las muestras por más de 4 semanas en un lugar cerrado y a temperatura ambiente. Posteriormente, la superficie transversal de cada muestra fue manualmente pulida de forma secuencial, utilizando papel de lija de granulometría cada vez más fina (180, 400, 600 y 1200). Un indicador de que las muestras ya habrían adquirido un pulido ideal, fue la obtención de una superficie con brillo espejado y libre de rayas. El adecuado pulido es indispensable para poder interpretar sin dificultades la estructura que define el límite del anillo (Fig. 14).

Figura 14. Izquierda: papel de lija de diferentes granulometrías. Derecha: tarugo adecuadamente pulido.

2.5.3.3 Desarrollo de la Cronología

A partir de las muestras preparadas, se procedió a la observación visual de las mismas por medio de una lupa estereoscópica Olympus SZ61 (0,9 a 4X) (Fig. 15). Esto permitió contar los anillos de cada ejemplar, realizándose el conteo de los mismos desde la médula hacia la corteza, siguiendo métodos dendrocronológicos estándares (Stokes y Smiley, 1968) (Fig. 16).

Figura 15. Lupa estereoscópica Olympus SZ61 del laboratorio de Dendrocronología de la UNSL

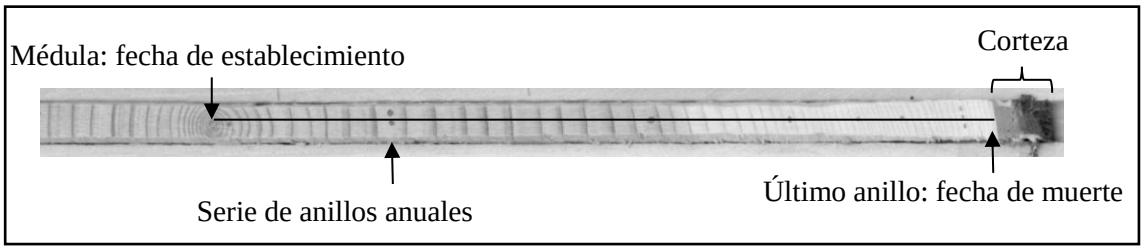

Figura 16. Representación gráfica e ilustrativa del conteo de los anillos de crecimiento en una muestra de barreno en una especie leñosa. Fuente: modificado de Speer, 2010.

La Figura 17, ilustra la estructura leñosa de P. *caldenia*. A partir del corte transversal de la madera se reconocen tres elementos constitutivos mayores: vasos, parénquima y fibras (Villalba *et al*, 2000). A su vez, se visualizan las delimitaciones de los anillos de crecimiento, que toman cierto ancho dependiendo de la edad, las condiciones climáticas y los disturbios.

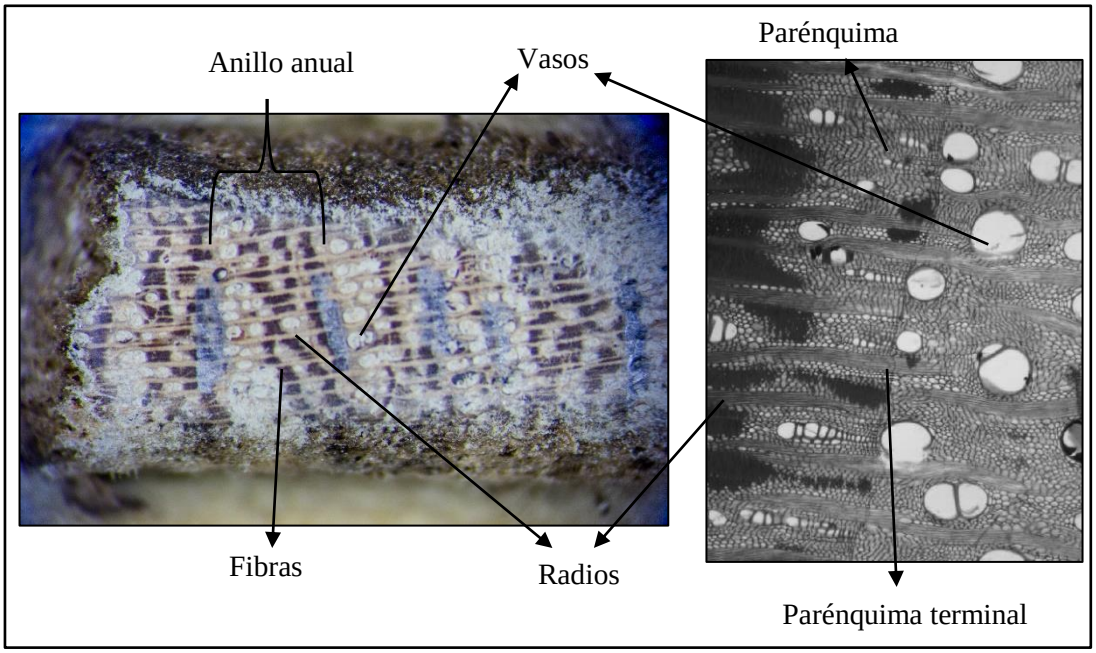

Figura 17. Descripción de la estructura leñosa de *P. caldenia* en lupa estereoscópica Olympus SZ61. Izquierda: vista general. Derecha: detalle del anillo de crecimiento con los elementos constitutivos. Fuente: modificado de Villalba, 2000.

2.5.3.4 Medición de los anchos de anillos de cada muestra

El ancho de los anillos fue medido con un dendrómetro Velmex Unislide TA 4020H1-S6 con una precisión de 0,001mm (Fig. 18). Este equipo consiste en una corredera lineal de aluminio la cual desplaza una platina, que permite la medición del ancho del anillo y un contador conectado a una computadora, registrando y guardando las medidas en un archivo. Este archivo se pudo utilizar con el programa DPL (Dendrochronology Program Library) para su edición y función a partir del uso del programa YUX.

Cada año se corresponde con un ancho de anillo de crecimiento. Para construir la cronología de crecimiento radial en el área intervenida y área testigo, para cada año se calculó el promedio del ancho de anillo de crecimiento de todas las muestras, obteniendo de esta manera el crecimiento medio a lo largo del periodo 2001-2018.

Figura 18. Equipo de medición Velmex Inc. del laboratorio de Dendrocronología de la UNSL.

2.6 Análisis estadístico

Los datos sobre las variables forestales medidas descriptoras de la vegetación, entre las áreas intervenidas y las testigo, fueron analizados mediante ANOVA con el fin de determinar si existen diferencias significativas por efecto del raleo selectivo manual.

A su vez, para determinar si existieron diferencias significativas entre el crecimiento medio de los ejemplares del área raleada y los del área testigo, se realizó un análisis de la varianza del crecimiento radial medio de los individuos. Se analizaron los siete años posteriores a la intervención del raleo para todos los ejemplares (2001-2011) y los siete años posteriores a la intervención 2011-2018. Como prueba post-hoc se aplicó la prueba de Fisher ($p < 0{,}01$). Previo al análisis de la varianza, se aplicó el test de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos y la prueba de Levene para determinar homogeneidad de las varianzas. Los análisis se realizaron con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al*, 2011).

3. RESULTADOS

3.1 Variables forestales

En cuanto a las variables descriptoras de la vegetación, solo se encontraron diferencias significativas en la cobertura total de árboles más arbustos ($p<0,05$), siendo esta menor en el área intervenida. Las demás variables: área basal, cobertura de copa y densidad, no presentaron diferencias estadísticas, aunque se observa en todos los casos mayores valores de cada variable en el área testigo respecto al área raleada (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados promedio de las variables medidas en cada tratamiento

TRATAMIENTO	ÁREA BASAL ($m^2.ha^{-1}$)	COBERTURA DE COPA ($m^2.ha^{-1}$)	COBERTURA TOTAL (% árb + arb)	DENSIDAD ($ind.ha^{-1}$)
Testigo	$28,0_a$	$9852,00_a$	$82,0_a$	290_a
Raleo	$14,6_a$	$6075,00_a$	$54,0_b$	210_a

Los datos son valores promedio de ocho parcelas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre valores de una misma columna.

Respecto a la regeneración total de la masa arbórea, no se encontraron diferencias significativas en la densidad de individuos entre el área raleada y el testigo ($p>0,05$). En cuanto a la composición de la regeneración, en el área raleada el mayor porcentaje corresponde a individuos menores de Clase 1 con un 51%. Le siguen en orden decreciente Clase 2 y 3 con 38 y 11%, respectivamente. En el testigo, la mayor proporción se compone de individuos juveniles de Clase 2 con un 50%, en segundo lugar Clase 1 con 30% y por ultimo Clase 3 con 20% (Fig. 19).

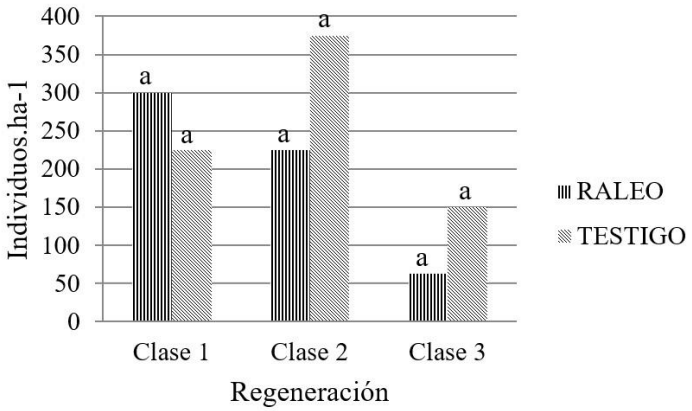

Figura 19. Valores promedio de individuos por hectárea de renovales Clase 1 (<1,3m de altura), Clase 2 (>1.3m de altura y diámetro <5cm) y Clase 3 (>1,3m de altura, diámetro >5 y <10cm) en área raleada y testigo. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos $p<0,05$.

3.2 Diversidad y riqueza de especies

El raleo selectivo manual no tuvo un efecto significativo en la diversidad, ya que no se detectaron aumentos en los valores de esta variable sobre el área intervenida. El ecosistema se interpreta, según el índice de Shannon-Wiener (Tabla 2), con una diversidad de especies relativamente baja. Siendo para ambos sitios, raleado y testigo, las especies arbóreas y arbustivas acompañantes principales, *Schinus fasciculatus* (molle) y *condalia microphylla* (piquillín) respectivamente.

Tabla 2. Resultados de diversidad, riqueza y abundancia de especies para el área tratada y testigo

	RALEO		**TESTIGO**	
ESPECIES	ni	pi	ni	pi
Schinus fasciculatus	124	0,418	123	0,4184
Condalia microphylla	110	0,370	131	0,4456
Lycium chilense	44	0,148	16	0,0544
Lycium gillesianum	4	0,013	3	0,0102
Ephedra triandra	5	0,017	13	0,0442
Jodina rhombifolia	6	0,020	5	0,017
Aloysia gratissima	4	0,013	3	0,0102
Nº total de individuos (N)	297		294	
Nº total de especies (S)	7		7	
Índice de Div. De Margalef	1,05		1,06	
Índice de Shannon-Wiener	1,28		1,18	

3.3 Cronología del crecimiento

A partir de los datos obtenidos por el programa YUX (función del DPL), se confeccionaron los respectivos gráficos para cada individuo de *P. caldenia* en cada sitio de muestreo, que muestran el crecimiento radial medio (CRM) anual a lo largo del tiempo.

En carácter demostrativo, como se puede observar en la figura 20, se desarrolló parte de la cronología de crecimiento de tres individuos elegidos al azar del área testigo del bosque. A los fines del presente estudio, en ningún caso se buscó acertar con la médula de los individuos. Es importante resaltar, la cantidad de años contabilizados en las diferentes muestras leídas, yendo más allá del periodo necesario de análisis. En este sentido, un aspecto importante para resaltar del bosque maduro, es que individuos con un DAP cercano a 10cm presentan una gran cantidad de años. Como ejemplo de ello, en la Figura 20, el árbol 5 de un DAP de 12,8cm posee una edad de más de 60 años. Todos los individuos, tanto para el área raleada como el área testigo, siguen un patrón de disminución en su crecimiento, y su tendencia se suaviza al promediar su crecimiento anual para cada sitio de estudio (Fig. 21).

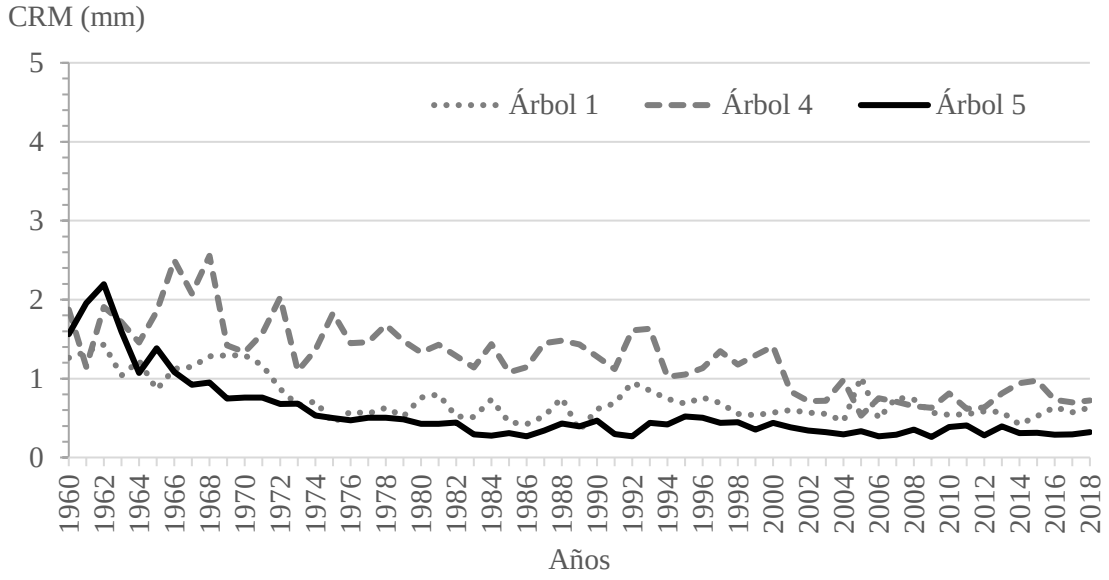

Figura 20. Crecimiento radial medio (mm) de individuos de *P. caldenia* de diferentes clases etáreas elegidos al azar, pertenecientes al área testigo del bosque maduro de la Estancia Bajo Verde. Árbol 1: DAP 47cm, altura 7,8m, diámetro de copa 8,65m, clase de copa Dominante. Árbol 4: DAP 31,3cm, altura 7,5m, diámetro de copa 6,4m, clase de copa Codominante. Árbol 5: DAP 12,8cm, altura 5m, diámetro de copa 3,3m, clase de copa Dominado.

En la figura 21, para el sitio bajo estudio se diferencia el crecimiento radial medio (CRM) anual en milímetros de los individuos de *P. caldenia* para el área raleada y testigo, tomando como período de análisis desde 2001 al 2018.

Para el período pos intervención, 2011-2018, el valor máximo de ancho de anillo de crecimiento determinado para el área raleada fue de 1,02mm y el valor mínimo de 0,74mm. En el testigo, el valor máximo fue de 1mm y el mínimo de 0,72mm (Fig, 21).

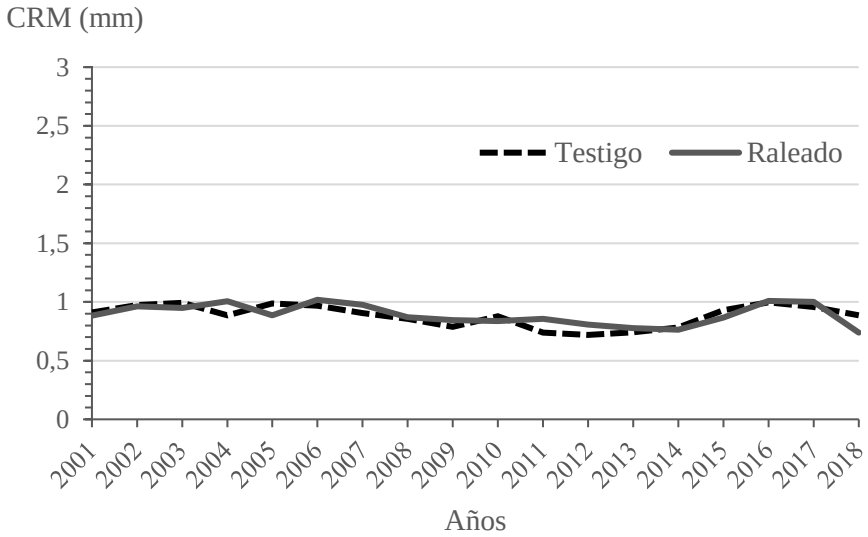

Figura 21. Crecimiento radial medio (mm) anual en individuos de *Prosopis caldenia* del período 2001-2018, correspondientes al área raleada y testigo de un bosque en la Estancia Bajo Verde.

Respecto al análisis estadístico, se cumplieron los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas. El gráfico de cajas muestra la mediana y cuartiles para el área tratada y testigo para el período 2011-2018, luego de que se realizará el raleo manual (Fig.22). Los resultados del análisis de la varianza muestran que no existen diferencias significativas (p<0,01) entre las dos situaciones analizadas. La prueba post-hoc de Fisher no muestra diferencias significativas en el crecimiento radial medio entre los individuos del área testigo y al área raleada para el periodo 2011-2018.

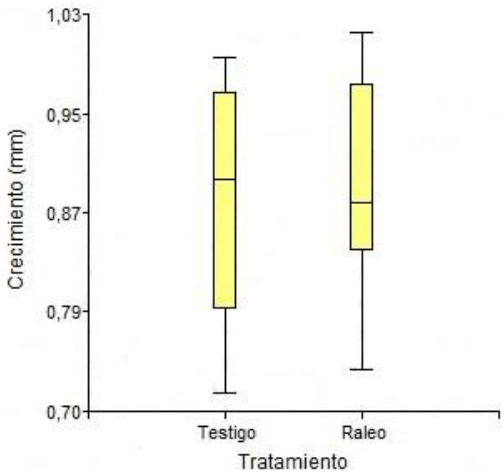

Figura 22. Representación gráfica de las medianas y desviaciones estándares del crecimiento radial medio para el área raleada y testigo para el período 2011-2018.

4. DISCUSIÓN

4.1 Variables forestales

A pesar de que la implementación del raleo manual como práctica de manejo de áreas boscosas semiáridas, como la estudiada en este trabajo, generó una disminución significativa en la cobertura total de árboles más arbustos. Los resultados obtenidos en esta área de estudio no apoyan la hipótesis, de que el raleo selectivo manual mejora la condición del bosque de caldén como recurso ecológico-productivo. La ausencia de diferencias en el resultado podría deberse a que la intensidad de raleo no fue suficiente, dejando una cobertura pos tratamiento muy alta, y el bosque bajo estudio se encuentra en una etapa de madurez absoluta.

En cuanto a la regeneración, Bregaglio *et al* (2001) detectaron un aumento significativo de renovales (hasta 1,5m de altura) de *Aspidosperma quebracho blanco* en la región del Chaco Argentino, en la provincia de Córdoba después de 10 años de un raleo de similares características, mientras que en nuestro estudio no existieron diferencias estadísticas entre las clases de regeneración en el área intervenida y el testigo. Este efecto no fue suficiente ya que, si bien se observó una tendencia en aumento de la regeneración pos raleo, el cambio no fue significativo. En líneas generales, en estos bosques semiáridos se puede esperar un incremento de la regeneración por disminución de la cobertura del estrato arbustivo, generándose un ambiente propicio de entrada de luz solar y mayor disponibilidad de nutrientes, en beneficio del desarrollo regenerativo del bosque.

4.2 Diversidad y riqueza de especies

Se esperaba encontrar un aumento en la diversidad y riqueza de especies arbóreas y arbustivas acompañantes en los sitios raleados. Pero el área bajo estudio al ser un bosque maduro, se encuentra en un estado sucesional definitivo, siendo dominado el estrato arbóreo por *P. caldenia* (Tabla 1) y teniendo una baja diversidad de especies arbóreas y arbustivas acompañantes (Tabla 2). Estudios comprueban que la disminución de la cobertura total por acción del raleo, permitiría una activación del banco de semillas por mayor entrada de luz a la superficie (Morici, 2006; Morici *et al*, 2009), o que por otra parte, las altas densidades de árboles existe una baja proporción de especies forrajeras y no forrajeras (Estelrich *et al*, 2005), afectando la calidad del pastizal natural.

4.2 Dendrocronología

La relación significativa del caldén con la temperatura y precipitación, muestra su adecuado potencial para estudios dendroclimáticos (Bogino, 2005). Estudios previos dan cuenta de la disponibilidad de material leñoso de caldén de más de doscientos años, lo que

fundamenta el uso de esta especie en particular para la estimación de variables ecológicas que han afectado su crecimiento en épocas pasadas (Medina, 2007). Los resultados encontrados en este trabajo sirven para reconfirmar el potencial dendroecológico de *Prosopis caldenia* como herramienta para la reconstrucción temporal de la dinámica de los sistemas boscosos que forma y las diversas técnicas de manejo que los afectan.

El estudio de Vivalda (2013), determinó para el área bajo estudio en la Estancia Bajo Verde, que su período de instalación ocurrió en 1890, como rebrote de tocones post-tala; la fisonomía actual está dominada por individuos regenerados post-fuego sobre 1920. En parte de su estudio, desarrolló la cronología de crecimiento de este bosque maduro diferenciando el crecimiento de la cohorte de 1890 y la cohorte de 1920 (Fig. 22). Los individuos de la cohorte de 1890, siguen un patrón de crecimiento en el cual es máximo en etapas juveniles y luego va disminuyendo notablemente hacia etapas más avanzadas. El crecimiento máximo de esta cohorte ocurrió entre los 24 y 27 años. Por el otro lado, el regenerado masivo de *P. caldenia*, durante la década de 1920, no presentó el mismo comportamiento que aquellos individuos que se originaron en 1890. No obstante, se observa que a partir de la década de 1960 el crecimiento de los individuos de esta misma cohorte supera al crecimiento de los ejemplares más añejos. El crecimiento máximo de la cohorte de 1920 se produce entre los 22 y 27 años.

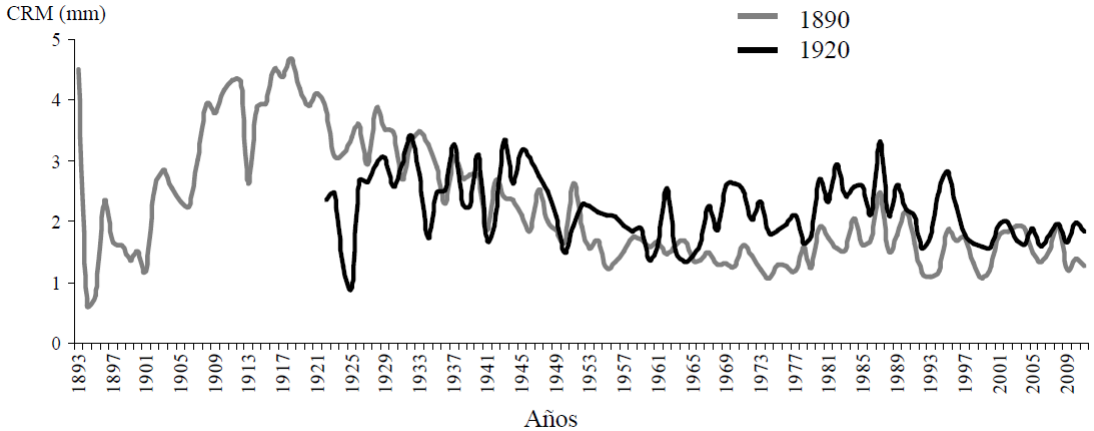

Figura 23. Crecimiento radial medio (mm) de individuos dominantes correspondientes a la cohorte de 1890 y 1920 en rodales de *P. caldenia* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde. Fuente: Vivalda, 2013.

El desarrollo de la cronología de los individuos muestreados (Fig. 20) y el crecimiento radial medio (mm) anual en individuos de *Prosopis caldenia* correspondientes al área raleada y testigo del período 2001-2018 (Fig. 21), comprueba que el bosque se encuentra en una etapa de madurez absoluta. Estos resultados demuestran estadísticamente las limitaciones en el crecimiento de la población de *P. caldenia* para el área en estudio. Esto se puede deber a dos factores principales: la competencia inter e intraespecífica (Villalba *et al*, 2000) y a las pérdidas de crecimiento en los árboles más grandes por el efecto de la longevidad, que no mueren, pero rebrotan (Cook, 1985). Se encuentra demostrado que los individuos que se instalan en un bosque abierto y con baja densidad tienen una tasa de crecimiento mayor en un 70% a la de los individuos que se instalan en un bosque cerrado por el efecto mismo de la competencia (Vivalda, 2013). La densidad de individuos inicial demuestra ser un factor determinante para el crecimiento de la especie, como también ha sido demostrado para otras especies del mismo género (Catalán, 2000). Probablemente, el aumento del crecimiento radial medio de los individuos en el área raleada no fue el esperado debido a dos causas fundamentales, una al efecto que ocasiono la competencia entre los individuos de la misma especie, pero de diferentes edades, los renuevos quedaron relegados a la sombra y por otro lado, la densidad de individuos inicial que se dejó remanente en el área tratada fue muy alta.

Atanasio (2014) en su trabajo sobre raleo selectivo en un plantación de *Prosopis alba* detectó incrementos significativos en el diámetro medio de los individuos arbóreos debido a la apertura del dosel a distintos niveles de intervención de área basal. Este resultado indica que la intervención selectiva del bosque genera efectos no solo a nivel regenerativo sino también en los individuos arbóreos remanentes dejados en pie.

5. CONCLUSIÓN

A través de este trabajo se analizó y describió la dinámica de crecimiento para *P. caldenia* y su relación con técnicas de manejo de bosques nativos que afectan ejemplares arbóreos de esta especie a partir del uso del barreno forestal.

La disminución parcial de la cobertura de material leñoso como medida de intervención de bosques degradados puede resultar una estrategia de recuperación ecológica-productiva en estos sistemas naturales con enfoque silvopastoril. Pero las prácticas de manejo de los bosques nativos no solo deben apuntar a mejorar la productividad del sistema sino también garantizar la permanencia del recurso a través de la regeneración como perspectiva de sustentabilidad. Estos resultados, permiten sugerir la necesidad de desarrollar nuevas líneas de investigación para determinar cuáles son los niveles de intervención adecuados para su manejo, como así también la influencia de las variables climáticas en relación al crecimiento de esta especie leñosa.

6. REFERENCIAS

Adema EO., FJ. Babinec, DE. Buschiazzo, MJ. Martín y N. Peinemann. 2003. Erosión Hídrica en suelos del caldenal. Publicación Técnica Nº 53, INTA.

Aguerre, A. y A. Tapia. 2000. Entre médanos y caldenes de la pampa seca. Oficina de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Letras, Buenos Aires. pp. 201-230.

Atanasio, A. 2014. Influencia de raleos selectivos sobre el crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. INTA. Estación Experimental Colonia Benitez. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_influencia_de_raleos_selectivos_sobre_el_creci.pdf

Bregaglio, M.; U. Karlin, y R. Coirini. 2001. Efecto del desmonte selectivo sobre la regeneración de la masa forestal y la producción de pasturas, en el chaco árido de la provincia de Córdoba, Argentina. Multequina, 10: 17-24.

Bogino, SM. 2005. Crecimiento radial, turno biológico de corta y potencial dendroclimático del caldén (*Prosopis cadenia* Burkart), en la provincia de San Luis, Argentina. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Bogino, SM. y R. Villalba. 2008. Radial growth and biological rotation age of *Prosopis caldenia* Burkart in Central Argentina. Journal of Arid Environments 72: 16-23.

Boyero, M.A. 1985. "*Prosopis caldenia Burk*, en Argentina". Segundo Encuentro Regional CIID América Latina y el Caribe. Forestación en zonas áridas y Semiáridas, pag 270–323. Santiago de Chile.

Cabrera AL. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, fascículo 1. pp. 85.

Cano E., B.Fernández y M. Montes 1980. Vegetación de la Provincia de La Pampa y Carta de Vegetación 1:500.000 en Inv. Int. De los Rec. Nat. de la prov. de La Pampa. INTA Fac. de Agronomía Prov. de La Pampa. pp. 493.

Cano E., HD. Estelrich y H. Holgado. 1985. Acción del fuego en los estratos graminosos y arbustivos de un bosque de caldén. Revista de la Fac. de Agronomía, La Pampa, Argentina. pp. 81-96.

Catalán, L. 2000. Crecimiento leñoso de *Prosopis flexuosa* DC en una sucesión postagrícola en el chaco árido: efectos y relaciones de distintos factores de proximidad. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

Cook, ER. 1985. A time series analysis approach to tree-ring standardization. Tree-Ring Laboratory Lamont-Doherty Geological Observatory Palisades, New York, EUA.

Di Rienzo, JA.; F. Casanoves; MG. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada; y CW. Robledo. 2011. InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba.

Estelrich, HD.; C. Chirino; EA. Morici y B. Fernández. 2005. Modelo conceptual de funcionamiento de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina. In: Oesterheld, M., M. Aguiar, C. M. Ghersa, y J. Paruelo (eds). La Heterogeneidad de la Vegetación de los Agroecosistemas. Un Homenaje a Rolando León. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 430 ppp: 85–108p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2007. Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia.

Garbarino, S. 2008. Los inicios de la explotación y el comercio forestal en el Territorio Nacional de La Pampa en Historia de La Pampa. Ed. UNLPam, Santa Rosa. pp. 205-213.

Jacyszyn, B. y A. Pittaluga. 1977. Suelos del área de Chacharramendi, provincia de La Pampa. CIRN, Castelar. pp.42.

Jimenez, JF. 2002. Castas y Ponchos. Comentarios a las observaciones de Luís de La Cruz sobre el comercio de Ganado entre la Cordillera y Mamil Mapu (1806). En: Aguerre, AM y AH. Tapia (compiladoras). Entre médanos y caldenes de la pampa seca. Arqueología, Historia, Lengua y topónimos. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras. Buenos Aires. pp. 201-229.

Krebs, C. y G. Fisher. 1931. El pluviómetro secular. Circular de la Secretaría de Propaganda e Información del Ministerio de Agricultura de Buenos Aires 847: 1-24.

Medina, A. 2007. Reconstrucción de los regímenes de fuego en un bosque de *Prosopis caldenia*, Provincia de la Pampa, Argentina. Bosque 28: 243-240.

Morici, EF.; A. Kin; M. Mazzola; S. Poey y D. Estelrich. 2003. Efecto del pastoreo en un pastizal semiárido de Argentina según la distancia a la aguada. Archivos de Zootecnia, 52:59-66.

Morici, EF. 2006. Efecto de la estructura del pastizal sobre el banco de semillas de gramíneas en el bosque de Caldén (*Prosopis caldenia*) de la Provincia de La Pampa (Argentina). Tesis doctoral defendida el 25/09/2006, Córdoba (España).

Morici, EF.; A. Kin; M. Mazzola; R. Ernst y S. Poey. 2006. Efecto del pastoreo sobre las gramíneas perennes *Piptochaetium napostaense* y *Poa ligularis* en relación con la distancia a la aguada. Rev. Fac. Agronomía, UNLPam 17(1-2): 3-13.

Morici, EF.; V. Doménech García; G. Gómez Castro; A. Kin; A. Saenz y C. Rabotnikof. 2009. Diferencias estructurales entre parches del pastizal del Caldenal y su influencia sobre el banco de semillas. Agrociencia 43: 529-537.

Peláez, OV.; RM. Böo y OR. Elía. 1992. Emergence and seedlingsurvival of caldén in the semiarid region of Argentina. J. Range Manage. 45 (6): 564-568.

Schulman, E. 1956. Dendroclimatic change in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA. pp. 142.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Nacional.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2006. Estado de Conservación del Distrito Caldén. Primer Inventario Nacional de Bosque Nativos. Inventario de campo de la Región del Espinal, Distrito de Caldén y Ñandubay. Disponible en red: http://www.drn.lapampa.gov.ar/BosquesyPastizales/FloraNativa/inventario_Forestal_del_Espinal.pdf. Consultada el 30 de enero de 2018.

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Inventario de campo de la Región del Espinal, Distrito Caldén y Ñandubay. Manual de Campo.

Speer, JH. 2010. Fundamentals of Tree-Ring Research. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA. pp. 368.

Stokes, M. y T. Smiley. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. The University of Chicago Press, Chicago. USA.

Tello DS.; JD. De Prada y RE. Cristeche. 2015. Valoración económica de servicios ecosistémicos no comerciales del bosque de caldén, sur de Córdoba Argentina. Asociación Argentina de Economía Agraria XLVI Reunión Anual de la AAEA, Tandil, Argentina. pp. 20.

Vázquez, P.; E. Adema y B. Fernández. 2013. Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. Ecología Austral. 23:77-86.

Viglizzo, EF.; FC. Frank; LV Carreno; EG Jobbágy; HN. Pereyra; J. Clatt; D. Pincen y MF. Ricard. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. Global Change Biology 17:959-973.

Villalba, R.; PE. Villagra; JA. Boninsegna; MS. Morales y V. Moyano. 2000. Dendrocronología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis* en Argentina. Multequina 9(2): 1-18.

Vivalda, FL. 2013. Impacto del fuego en la fisonomía de los rodales de *Prosopis caldenia* en la provincia de La Pampa. Tesis de Grado. Universidad Nacional de La Pampa, La Pampa. pp. 49.

Zarrilli, A. 2016. Un nuevo paradigma en la producción forestal Argentina. De la explotación y crisis del bosque nativo a la implantación masiva (1960-2000). Old and New Worlds: the Global Challenges of Rural History. International Conference, Lisboa, ISCTE-IUL.