

“Impacto del fuego en la fisonomía de los rodales de *Prosopis caldenia* en la provincia de La Pampa”



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

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

“IMPACTO DEL FUEGO EN LA FISONOMÍA DE LOS RODALES DE *PROSOPIS  
CALDENIA* EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA”

FLORENCIA LIS VIVALDA

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2013

*Prefacio.*

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniera 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 el Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa, durante el período comprendido entre abril del 2012 y agosto del 2013, bajo la dirección de la Dra. Bogino, Stella Marys; y bajo la codirección de Msc. Dussart, Esteban.

.....  
Fecha

.....  
Firma

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

## *Agradecimientos*

*Agradezco primero a la Universidad Nacional de La Pampa y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, por abrirme sus puertas y de esta manera poder realizarme profesionalmente.*

*A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económicas-Sociales de la Universidad Nacional de San Luis, por brindarme su espacio para que pudiera realizar mi trabajo de tesina. Este estudio recibió la colaboración de los proyectos: PROICO 50707 de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Luis, PICT2011-0745 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina y del proyecto de Redes V de la Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación.*

*A Stella y Esteban, que dieron lo mejor de sí tanto profesional como personalmente para que este trabajo pudiera realizarse.*

*Al Jurado, Dra. Mazzola Mónica y MSc. Bernardos Jaime, por tomarse el tiempo de revisar mi trabajo y mejorarlo.*

*A “Quito”, por ayudarme en las salidas a campo y en el trabajo de carpintería.*

*A mi Familia, por todo el apoyo que recibí siempre de ellos y por su esfuerzo constante.*

*A mis Amigos y Compañeros que compartieron conmigo estos últimos años.*

## *Resumen*

El fuego es un factor ecológico determinante de la estructura y dinámica de numerosos ecosistemas boscosos, incluyendo a los bosques de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart.). El análisis dendrocronológico de 70 secciones transversales de *P. caldenia* y *Schinus fasciculatus* (Griseb.), extraídas de rodales diferentes (Bosque Maduro y Bosque de Renuevos) de la Estancia Bajo Verde (La Pampa), permitió determinar la relación entre la estructura de edades, la cronología de fuegos y los patrones de crecimiento radial de ambas poblaciones. Los anillos fueron contados con lupa estereoscópica y medidos con dendrómetro. Los datos obtenidos fueron corregidos por el programa COFECHA. Para el Bosque Maduro, el período de instalación ocurrió en 1890, como rebrote de tocones post-tala; la fisonomía actual está dominada por individuos regenerados post-fuego sobre 1920. Desde 1990 la regeneración fue de *S. fasciculatus*. El Bosque de Renuevos se originó a mediados de 1960 producto de la actividad ganadera, con un rebrote de *P. caldenia* en la década de 1980 por efecto del fuego. Las fechas de incendio en su conjunto coinciden para ambos sitios y el Intervalo Medio de Fuego aumentó a partir de 1990 a un fuego cada 5 años. Para el crecimiento radial medio, el análisis de la varianza (Fisher ( $p < 0,01$ )) muestra diferencias significativas entre los individuos iniciales de ambos rodales, comparado con el de los individuos de la cohorte siguiente rebrotados post-fuego en el mismo rodal. Este trabajo ofrece nuevos conocimientos acerca del impacto de los fuegos sobre la dinámica ecológica del bosque de caldén.

## *Abstract*

Fire is an ecological factor that determines the structure and dynamic of many forest ecosystems including caldén's forests (*Prosopis caldenia* Burkart.). Dendrochronological analysis of 70 cross sections of *P. caldenia* and *Schinus fasciculatus* (Griseb.) trees, drawn from two different stands (mature forest and forest of renewals) of the Bajo Verde place, allowed to determine the relationship between age structure, timing of fires and radial growth patterns of both populations. Tree rings were counted under optical microscope and then measured using a dendrometer. Data were corrected by the program COFECHA. For mature forest, the installation's period occurred in the 1890s, as regrowth of post-fire stumps, but the present woodland is dominated by post-fire regenerated individuals in the 1920s. Since the 1990s regeneration was dominated by *S. fasciculatus*. The forest of renewals originated in the mid 1960s as a result of livestock

presence, but with a massive recruitment of caldén trees in the 1980s as a result of fire. In this stand, the recruitment was dominated by *Prosopis* sp. Fire dates coincided between both sites and since 1990 the average interval of fire has increased to a fire every five years. The analysis of variance and the post-hoc Fisher's tests on mean radial growth showed significant differences ( $p < 0.01$ ) between the eldest individuals of both stands compared to the individuals of the second cohort in the same stand. This work provides new knowledge about the impact of the fires on the temporal growth dynamics of forest of caldén affected by fire.

## -Índice

Resumen	3
1. <i>Introducción</i>	9
2. <i>Materiales y Métodos</i>	11
2.1. Área de Estudio	11
2.1.1. Ubicación	12
2.1.2. Suelo	13
2.1.3. Clima	13
2.1.4. Precipitaciones	14
2.1.5. Vientos	14
2.2. Reseña histórica y situación actual del área de estudio	14
2.3. Inventario Forestal	15
2.3.1. Caracterización fisonómica de los sitios de estudio	16
2.3.1.1. Unidad de Manejo 1: Bosque Maduro	19
2.3.1.2. Unidad de Manejo 4: Bosque de Renuevos	19
2.4. Recolección de las muestras	20
2.5. Tratamiento de las muestras	21
2.6. Desarrollo de una cronología	22
2.7. Cofechado e Intervalo Medio de Fuegos	23
2.8. Medición de ancho de anillo y Desarrollo de una cronología de crecimiento	23
2.8.1. Medición de los anchos de anillos de cada muestra	23
2.8.2. Determinación del crecimiento radial por medio de los anchos de anillos	24
3. <i>Resultados</i>	25
3.1. Cofechado	25
3.2. Cronología de incendios	25
3.2.1. Incendios que mayor incidencia tuvieron sobre los individuos	26
3.2.2. Cronología compuesta de fuegos	26
3.3. Período de instalación y estructura de edades de los rodales	28
3.4. Cronología de crecimiento	30
3.4.1. Crecimiento del Bosque Maduro	31
3.4.1.1. Crecimiento de <i>Schinus fasciculatus</i>	31
3.4.2. Crecimiento del Bosque de Renuevos	32
3.4.3. Condiciones generales de crecimiento radial de los rodales	33
3.4.4. Valor promedio de los anchos de anillos para cada rodal	33

3.4.5. Análisis de varianza de los crecimientos medios para los rodales	34
3.4.6. Crecimiento radial acumulado	35
<i>4. Discusión</i>	36
4.1. Efecto de los fuegos sobre la fisonomía de los rodales estudiados	37
4.1.1. Origen de los rodales	37
4.1.2. Estructura de edades actuales de los rodales	38
4.2. Intervalo Medio de Fuego	39
4.3. Patrones de crecimiento	41
4.4. Crecimiento radial acumulado	42
<i>5. Conclusiones</i>	43
<i>6. Referencias</i>	45

## -Índice de Figuras

- Figura 1.** Mapa de la Estancia Bajo Verde, con sus respectivas divisiones de potreros 12
- Figura 2.** Región del Espinal. (UMSEF, Dirección de Bosque 2003). Se observa en el mapa que el sitio de estudio (Estancia Bajo Verde), se ubica en una zona muy cercana a la frontera agrícola 13
- Figura 3.** Registros pluviométricos anuales (mm), según año calendario (1921-2009), para la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, ajustada a una tendencia polinomial de orden 3 14
- Figura 4.** Fraccionamiento de la matriz boscosa en 16 Unidades de Manejo (UM) de bosque para el establecimiento Bajo Verde, definida en función de similitud de características. Las parcelas identificadas con letra **A** indican actividad agrícola 16
- Figura 5.** A) Imagen aérea de los dos sitios de estudio en la Estancia Bajo Verde para el año 1961. B) Imagen satelital de los dos sitios de estudio en la estancia Bajo Verde para el año 2009. El Renoval es característico de la Unidad de Manejo 4, mientras que el Bosque Maduro caracteriza a la Unidad de Manejo 1 17
- Figura 6.** A) Representación gráfica de los dos rodales. PROCA= *Prosopis caldenia*; SCHFA= *Schinus fasciculatus*; CHEAB= *Chenopodium album*; STIPA= *Stipa* sp.; PIPNA= *Piptochaetium napostaense*. B) Fotografía correspondiente al Renoval abierto, árboles de menor tamaño y altura. C) Fotografía obtenida del Bosque Maduro, se observa que en este caso que el bosque es más cerrado y que los árboles que lo conforman superan en tamaño y altura a aquellos que pertenecen al Bosque de Renuevos. Las fotos fueron sacadas en primavera, los cortes se realizaron en invierno 18
- Figura 7.** Cortes transversales de muestras analizadas. A) En la primera fotografía se observa una cicatriz de fuego evidente sobre la corteza, en donde el cambium está recubriendo progresivamente esa parte del leño. B) La segunda fotografía, muestra una cicatriz “ciega”, producto de la cicatrización total del daño por fuego. Las flechas amarillas señalizan las heridas 21
- Figura 8.** Representación gráfica e ilustrativa del conteo de los anillos de crecimiento en una muestra de barreno para una especie leñosa 22
- Figura 9.** Descripción de la estructura del leño de *P. caldenia* 22
- Figura 10.** Sistema de medición VELMEX Inc del Laboratorio de Dendrocronología de la UNSL 23
- Figura 11.** Cronología de fuegos para cada sitio de estudio. A) Muestras extraídas de la picada del Bosque Maduro. B) Muestras extraídas de la transecta del Bosque Maduro. C) Ejemplares extraídos de la picada del Bosque de Renuevos. D) Muestras obtenidas de la transecta del Bosque de Renuevos de la Estancia Bajo Verde. En todos los casos las líneas horizontales representan el tiempo de vida analizado de cada uno de los caldenes y molles estudiados (línea horizontal punteada indica el período en el cual no hubo incendio) en las cuales se representa el año en que fueron cortados los ejemplares (línea vertical corta a la derecha del grafico, en todos los casos es 2011), cicatrices y/o marcas de fuego (líneas verticales gruesas). Debajo, cronología compuesta de fuego para el periodo analizado para



cada zona de cada rodal, en la cual las líneas verticales indican el año de ocurrencia de incendios 27

**Figura 12.** Fechas de instalación de los individuos de *Prosopis caldenia* para el Bosque Maduro. A) Cantidad de individuos que pertenecen a la cohorte de 1890. B) Cantidad de individuos que pertenecen a la cohorte de 1920. C) Cantidad de individuos que nacieron después de 1990 29

**Figura 13.** Fechas de instalación de los individuos de *Prosopis caldenia* para el Bosque de Renuevos. A) Cantidad de individuos que nacieron para la cohorte de 1960. B) Cantidad de individuos que nacieron en la cohorte de 1980 30

**Figura 14.** Incremento radial medio (mm) de individuos dominantes para la cohorte de 1890 y de 1920 en de *Prosopis caldenia* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde 31

**Figura 15.** Incremento radial medio (mm) de los individuos de *Schinus fasciculatus* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde 32

**Figura 16.** Incremento radial medio (mm) para aquellos individuos dominantes para la cohorte de 1960 y de 1980 de *Prosopis caldenia* pertenecientes al Renoval de la Estancia Bajo Verde 32

**Figura 17.** Representación gráfica de las medianas y desviaciones estándares del crecimiento radial medio de *Prosopis caldenia* para 1) Bosque Maduro: árboles más longevos (1890), 2) Bosque Maduro: árboles de década del 1920, 3) Bosque de Renuevos: árboles más longevos (1960) y 4) Bosque de Renuevos: árboles jóvenes (1980) 34

**Figura 18.** Tasa de crecimiento radial acumulado (mm) en rodales post-fuego de *Prosopis caldenia* en los primeros 40 años. A) Crecimiento radial acumulado para el Bosque Maduro, y a su vez para cada cohorte. B) Crecimiento radial acumulado para el renoval y para cada cohorte 36

**Figura 19.** Fotografías que evidencian una tala años anteriores de originarse el Bosque Maduro. De esa tala se originó el rebrote sobre la década de 1890 37

**Figura 20.** Fotografías de rebrotes post-fuego del Renoval en la Estancia Bajo Verde. El las imágenes se muestra el individuo muerto en pie, calcinado por completo y rodeado de rebrotes de *Prosopis caldenia* 40

### -Índice de Tablas

**Tabla 1.** Características principales de los dos sitios de estudio (Bosque Maduro y Bosque de Renuevos) en la Estancia Bajo Verde. Estos resultados provienen del Inventario Forestal realizado en dicho campo en el año 2011 18

**Tabla 2.** Resultados de la prueba post-hoc de Fisher para el crecimiento radial medio de las cuatro cohortes de *Prosopis caldenia* 35

## 1. Introducción

El fuego es un factor ecológico determinante de la estructura y función de muchos de los ecosistemas boscosos terrestres y el estudio de su régimen es necesario para conocer el funcionamiento de las comunidades vegetales sujetas a este disturbio y establecer las pautas adecuadas para su manejo y conservación (Dieterich y Swetnam 1984; Kimmins 2004). Por régimen de fuegos se entiende al patrón general de ocurrencia de incendios en un ecosistema determinado sobre un período de tiempo extenso. Está estrechamente relacionado con las fluctuaciones climáticas y la dinámica de acumulación de biocombustibles en los ecosistemas afectados (Archibold 1995). La frecuencia de fuego es una variable de particular importancia para la composición y la estructura de los ecosistemas forestales del mundo (Brown y Hull Sieg 1996; Lehtonen *et al.* 1996), aunque la estacionalidad, la extensión y la intensidad de estos incendios forestales también ejercen una influencia decisiva en el curso de las sucesiones (Whelan 1995).

En el caso de los bosques de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart.), el fuego es reconocido como un componente significativo del régimen de disturbios con impacto, tanto ecológico como económico, sobre los mismos (Cano *et al.* 1985; Boó 1990; Gorondi 1990; Sipowicz 1994). Estos bosques xerófilos se encuentran dentro de la región biogeográfica del Espinal, con dominancia en el Distrito del Caldén. Este mismo, se distribuye por el centro y sur de la provincia de San Luis, sudoeste de Córdoba, centro de La Pampa y sur de Buenos Aires (Cabrera 1953; Cano 1980). Actualmente, estas formaciones nativas cubren unas tres millones de hectáreas, de las cuales los caldenales quemados recientemente, a principios de este siglo, ocupan aproximadamente la tercera parte (1.028.351 has), según los resultados del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS 2005).

Los caldenales pampeanos han sido siempre afectados por los fuegos, aunque con variaciones en el régimen de incendios a lo largo del tiempo, según lo registrado hasta la fecha para los dos últimos siglos. Estas fluctuaciones se deben a factores históricos de manejo del territorio, y también a los importantes cambios en el paisaje de los bosques en todo ese período. Estos consistieron en (1) el período indígena, caracterizado por importantes actividades ganaderas y fuegos frecuentes con el desarrollo de formaciones cerradas, (2) el período post-conquista del Desierto con grandes desmontes y formaciones extremadamente abiertas de tipo sabánico dedicadas a la cría de lanares hasta los años 1940 y (3) el retorno a la ganadería bovina durante la segunda mitad del siglo XX, caracterizado por la recolonización y la arbustización de los espacios previamente abiertos (SAyDS 2007; Dussart *et al.* 2011; Tapia *et al.* 2012). Este último cambio en el paisaje fue

acompañando por un nuevo aumento en la frecuencia y la amplitud de los fuegos, que culminó durante la década de 1990 y los primeros años del siglo XXI, por una combinación de razones climáticas y socioeconómicas (Romero G. *comm. pers.*). Las mismas consistieron en la generalización de la aplicación del fuego para manejo silvo pastoril en los bosques que se habían cerrado y donde proliferaba la acumulación de pajas en los potreros sobre-pastoreados, las cuales se quemaban para inducir su rebrote al final de los veranos secos subsiguientes (Llorens 2013).

El caldén presenta una serie de adaptaciones a los fuegos tales como las propiedades químicas y el grosor de la corteza, que lo hace resistente a la ignición (Willard y McKell 1977; Boó *et al.* 1997). Posee, junto con las otras leñosas arbóreas y arbustivas de este ecosistema, la capacidad para rebrotar prolíficamente después de haber sido afectado por este disturbio y de cerrar rápidamente las heridas (Cano *et al.* 1980; Brown y Swetnam 1993), por lo que es muy común en estos bosques la existencia de caldenes, muertos o vivos, que presentan marcas de carbonización en la corteza o en el tronco con grietas o cavidades originadas por sucesivas cicatrices de fuegos pasados (Medina 2008). El análisis dendrocronológico de cicatrices de fuego formadas en el leño de los árboles es una herramienta importante para reconstruir la historia de incendios en los bosques, ya que éstas documentan tanto la fecha como la estación de ocurrencia del mismo, permitiendo así analizar la frecuencia, intensidad y extensión espacial de este fenómeno, caracterizando de esta manera el régimen de incendios. Los estudios dendrocronológicos sobre caldén lo sitúan como los primeros realizados en Suramérica en la provincia de La Pampa para determinar su potencial como registro de sequías en el año 1930 (Krebs y Fisher 1931). Trabajos posteriores puntualizan el potencial del caldén para estudios dendrocronológicos donde, a través de la lectura de los anillos de crecimiento, se estimó el crecimiento radial y el turno biológico de corta de esta especie (Bogino y Villalba 2008). La relación significativa del caldén con la temperatura y precipitación, muestra también su adecuado potencial para estudios dendroclimáticos (Bogino 2005). La versatilidad de esta especie para diversos estudios basados en el análisis y la interpretación de los anillos de crecimiento quedó demostrada en estudios previos donde se estimó la frecuencia de incendios en la provincia de San Luis (Medina 2007) y sobre su potencial dendroecológico en las provincias de La Pampa y San Luis (Peinetti *et al.* 1994; Dussart *et al.* 1998; Bogino y Jobbagy 2011). Estos 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 (Dussart *et al.* 1998; Medina 2007). Villalba *et al.* (2000), proponen que son muchas las razones por las cuales es necesario fechar y medir las variaciones en el crecimiento de los bosques de *Prosopis spp.* Todo estudio que requiera información sobre la estructura de edad y la dinámica de los bosques naturales de *Prosopis spp.*, determinar sus turnos de aprovechamiento, establecer las relaciones entre crecimiento leñoso, fructificación y variaciones climáticas entre otras, o simplemente la reacción de un bosque a un tratamiento silvícola determinado, necesita del fechado y la evaluación de los ritmos pasados y presentes del crecimiento.

Se debe señalar la escasa información sobre las clases de edades de los bosques pampeanos de *Prosopis caldenia* y sobre el efecto del fuego en estos ecosistemas, siendo el mismo un factor de disturbio de fundamental importancia. Sin embargo, al existir estudios previos que demuestran el potencial del caldén para estudios dendrocronológicos y como estos bosques tiene un gran valor ecológico, económico y social, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación existente entre el régimen de fuego y la dinámica poblacional del caldén en dos rodales contrastados, bosque maduro y renoval, perteneciente a un sitio representativo de estos bosques de *Prosopis caldenia*, mediante el análisis dendrocronológico de cicatrices de fuego y su comparación con variables dasométricas.

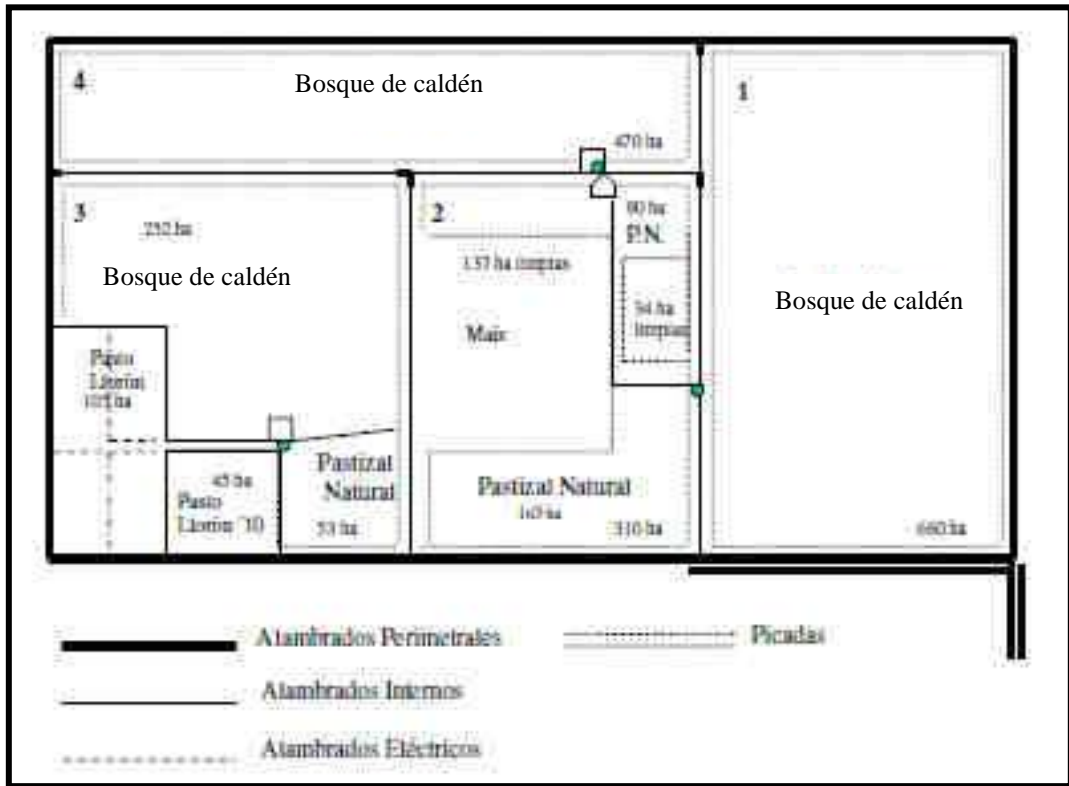
Se partió de la hipótesis de que la ocurrencia de fuegos en esta zona ha alterado significativamente la evolución de los rodales seleccionados para el estudio y que es posible, a través de métodos dendroecológicos, explicar la fisonomía de los rodales estudiados. Estos métodos se basan en la comparación de las estructuras de edades de los rodales, de sus fechas de disturbio (cicatrices de fuego en este caso) y patrones de crecimiento, acompañadas generalmente de información histórica adicional tales como fotografías y registros del manejo pasado (Kitzberger *et al.* 2000).

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Área de estudio

Este trabajo se llevó a cabo en la estancia Bajo Verde (36°27' S – 64°39' W) del departamento de Toay de la provincia de La Pampa, Argentina. La misma, pertenece a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Este campo, posee 1.980 ha (Figura 1) destinadas en su totalidad a la ganadería vacuna, con relictos de bosque de caldén.

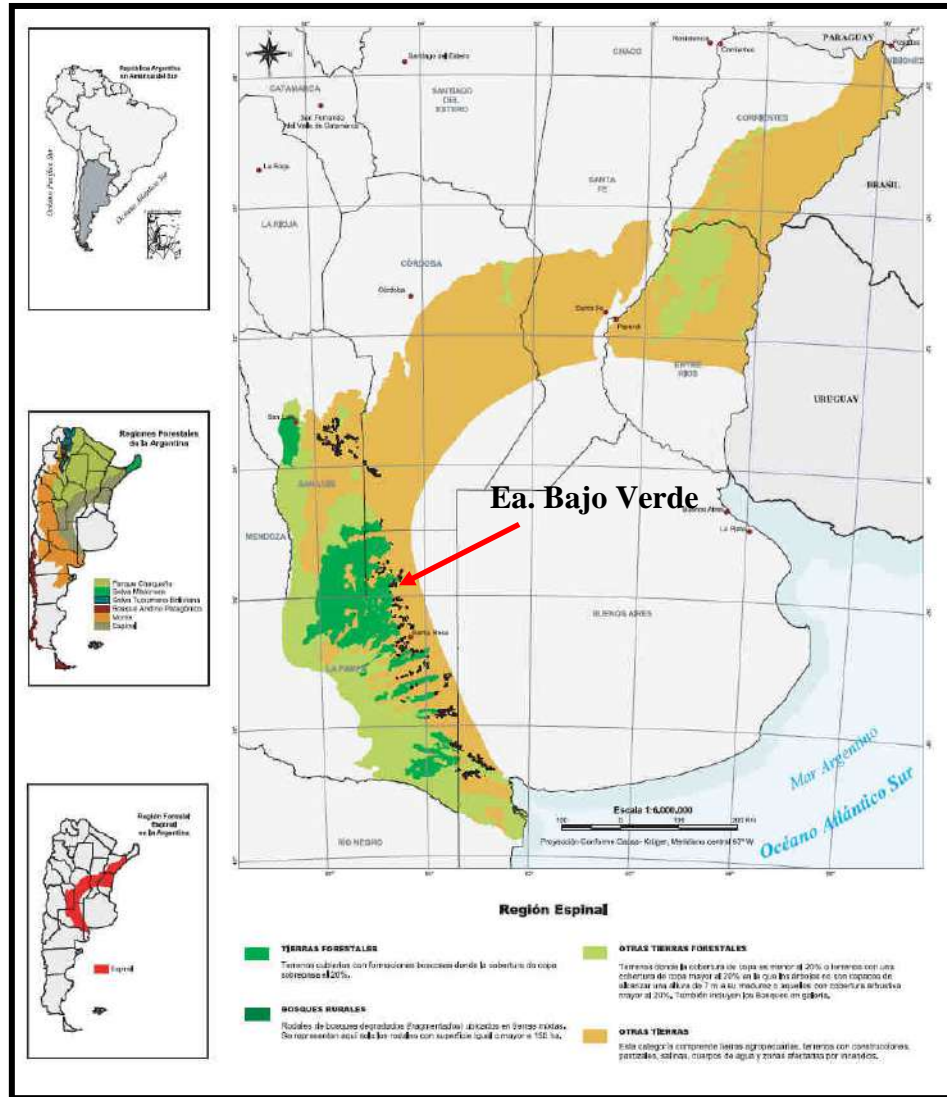
CAMPO BAJO VERDE  
FACULTAD DE AGRONOMÍA-UNLPam  
Superficie: 1.980ha



**Figura 1.** Mapa de la Estancia Bajo Verde, con sus respectivas divisiones de potreros.

### 2.1.1. Ubicación

De modo general, estos bosques se encuentran dentro del Distrito Fitogeográfico del Caldén de la Provincia del Espinal (Cabrera y Willink 1980). Este distrito cubre una superficie de 169.332 km<sup>2</sup> y se extiende 782 km en dirección norte desde los 32° 43' S en la provincia de Córdoba hasta los 39° 44' S en la provincia de Buenos Aires (SAyDS 2007) (Figura 2). Dentro del Distrito del Caldén, el bosque en estudio se ubica en la Subregión de Lomas y Colinas.



**Figura 2.** Región del Espinal. (UMSEF, Dirección de Bosque 2003). Se observa en el mapa que el sitio de estudio (Estancia Bajo Verde), se ubica en una zona muy cercana a la frontera agrícola.

### 2.1.2. Suelo

Los suelos están determinados por condiciones climáticas de semi-aridez en un régimen de humedad variable de tipo ústico. 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%). Debido a la poca estructura del suelo, es importante la erosión hídrica y eólica en vastos sectores del distrito (Cano *et al.* 1980; Peña Zubiarte *et al.* 1998).

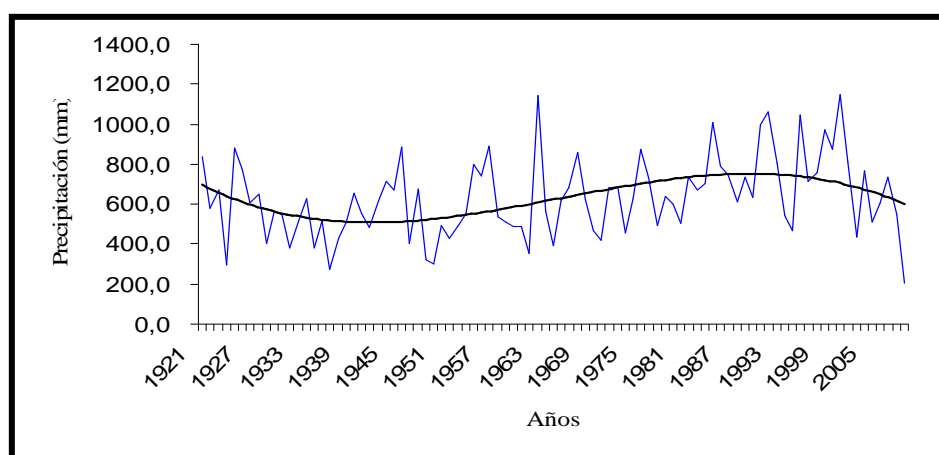
### 2.1.3. Clima

El clima es templado y semiárido, con precipitaciones estacionales y grandes amplitudes térmicas a lo largo del año, con épocas de heladas que se extienden de abril a

noviembre (De Fina y Revelo 1975). La temperatura media anual varía de 16°C a 15°C de norte a sur, siendo enero el mes más cálido con una temperatura media entre 23°C y 25°C, y julio el mes más riguroso con una temperatura media entre 7°C y 9°C.

#### 2.1.4. Precipitaciones

Las mayores precipitaciones se producen de octubre a marzo, con una media anual de 500 mm, existiendo en todo el distrito un importante déficit hídrico en, al menos, seis ó más meses del año (Cano 1980). La Figura 3 muestra la precipitación anual de Santa Rosa, La Pampa (Centro de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa, 2012).



**Figura 3.** Registros pluviométricos anuales (mm), según año calendario (1921-2009), para la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, ajustada a una tendencia polinomial de orden 3.

#### 2.1.5. Vientos

Los vientos predominantes son del noroeste y suroeste, siendo los primeros cálidos y húmedos, y los últimos fríos y secos. Suelen formarse tormentas eléctricas en los meses de verano (Cano 1980).

### 2.2. *Reseña histórica y situación actual del área en estudio*

Esta zona fue ampliamente utilizada por grupos ranquelinos para el pastoreo de ganado bovino y otros, tal como lo atestigua ya el explorador chileno Luis de la Cruz en 1806 (Jiménez 2002; Aguerre y Tapia 2002) al pasar por el lugar llamado Calchahue (hoy la Estancia Calchahue, continua al Bajo Verde).

A partir de los años 1878-79 (período de colonización) se despoja a los aborígenes de sus tierras natales. En esta etapa se realizaron amplios desmontes en toda esta zona a fin de permitir el desarrollo de actividades agrícolas y de ganadería lanar (Garbarino 2008).

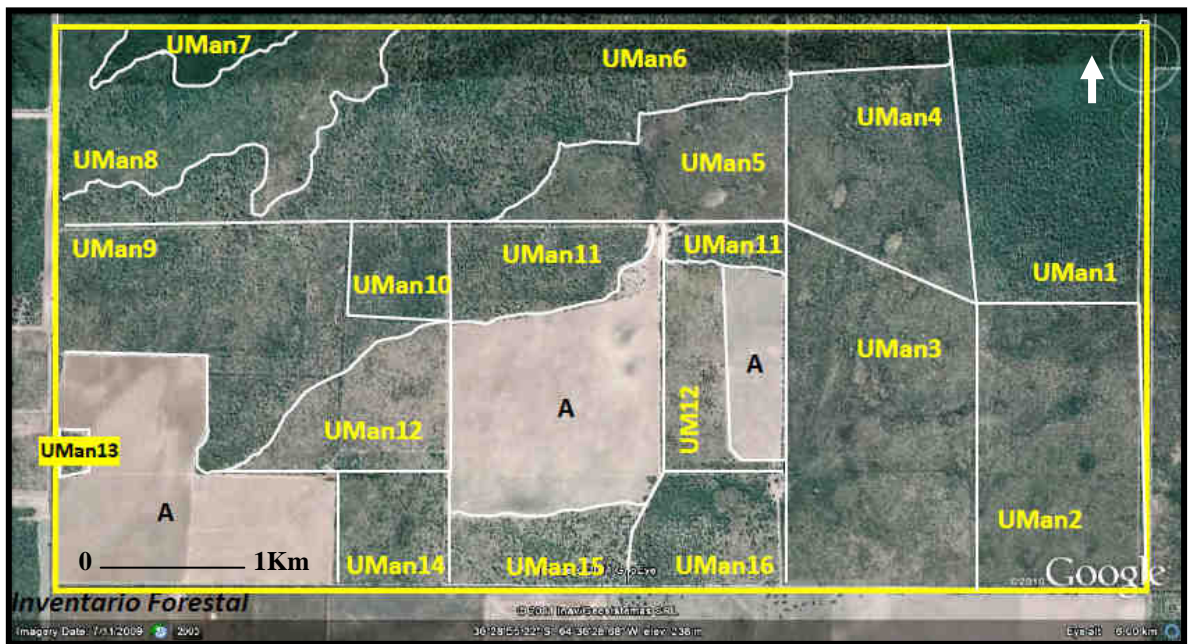
Según lo que se pudo recopilar mediante entrevistas a antiguos pobladores, en la década de 1930 este predio estaba poblado por al menos diez familias de chacareros de origen europeo, dedicados a la agricultura, principalmente en las zonas altas o planizas y a la ganadería en sitios con más pendiente. El paisaje era mucho más abierto que en la actualidad, salvo algunas zonas boscosas que dominaban en los bajos (Sarale A. y Pérez Antón F. *comm. pers.*).

En el año 1936, el predio es abandonado por los chacareros a raíz de las sequías y de las crisis económicas de la época, quedando alquilado a una sola familia, que lo arrendó hasta 1996 para actividades ganaderas extensivas: explotación de lanares hasta los años 50, y ganadería de cría bovina en la segunda mitad del siglo XX. En esta época se recolonizan los espacios abiertos por nuevos caldenales como formaciones boscosas secundarias, por efecto de la diseminación con el bosteado (Iraola JC. *comm. pers.*). En 1996, el dueño del predio fallece sin herederos, quedando la propiedad vacante. En consecuencia, el Fisco Nacional la transfiere al Ministerio de Educación de la Nación Argentina, en función de la legislación vigente (Decreto 15698/51), quien la cede a la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). Desde entonces, el predio se siguió dedicando a la cría de bovinos, con algún ensayo agrícola a fines de los años 1990, además de las actividades docentes, de investigación y extensión propias de esta universidad. Actualmente, se desarrolla en el mismo un Proyecto de Elaboración de pautas de Manejo Sustentable del Bosque de Caldén, por convenio entre la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y la Dirección de Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (Res. 256/09 de Nación – Ley Provincial 2589 - 2010).

### *2.3. Inventario Forestal*

En el marco del Proyecto “Elaboración de Pautas de Manejo Sustentable del Bosque de Caldén en el establecimiento Bajo Verde”, la estancia se dividió en 16 Unidades de Manejo (Figura 4).





**Figura 4.** Fraccionamiento de la matriz boscosa en 16 Unidades de Manejo (UM) de bosque para el establecimiento Bajo Verde, definida en función de similitud de características. Las parcelas identificadas con letra A indican actividad agrícola.

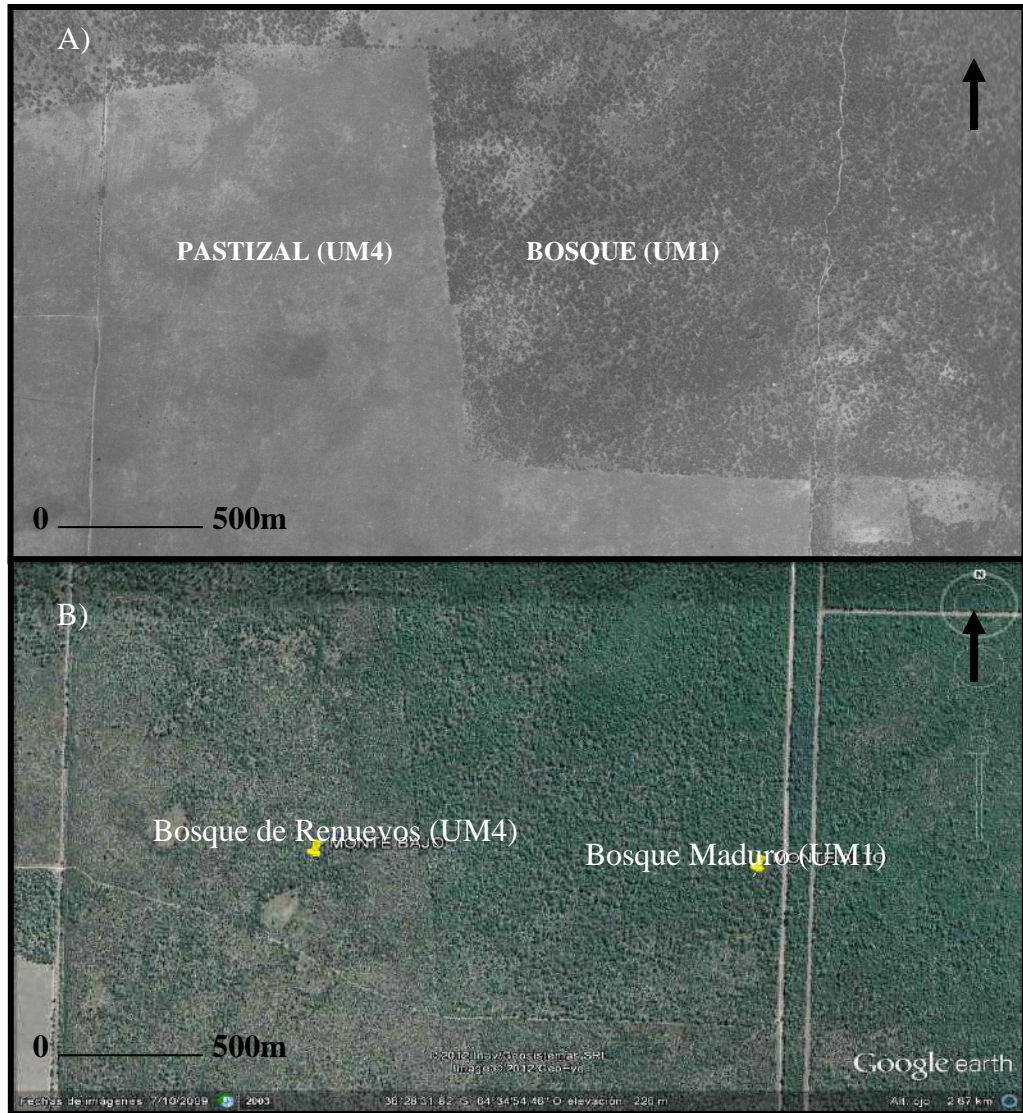
Esta división se realizó de acuerdo a las características que presentaba la vegetación boscosa y, además, para facilitar el desarrollo del Inventario Forestal del bosque, con el objetivo de determinar una evolución amplia y defendible estadísticamente que defina las condiciones actuales del bosque, partiendo de una muestra representativa para el distrito del Caldén.

Para realizar el Inventario de esta zona se utilizó la metodología propuesta por el Manual de Campo para la Región del Espinal, Distrito de Caldén y de Ñandubay (SAyDS 2007). En el Inventario se determinó: estructura del grupo de árboles, teniendo en cuenta el número de individuos, área basal, clase de altura, condiciones de sanidad, estado de regeneración y volumen bruto, tomándose además datos de caracterización ambiental relativos a la biodiversidad y al estado de conservación general de los rodales, según la metodología establecida en el Manual de Campo para la Región del Espinal, Distrito de Caldén y de Ñandubay (SAyDS 2007).

### 2.3.1. Caracterización fisonómica de los sitios de estudio

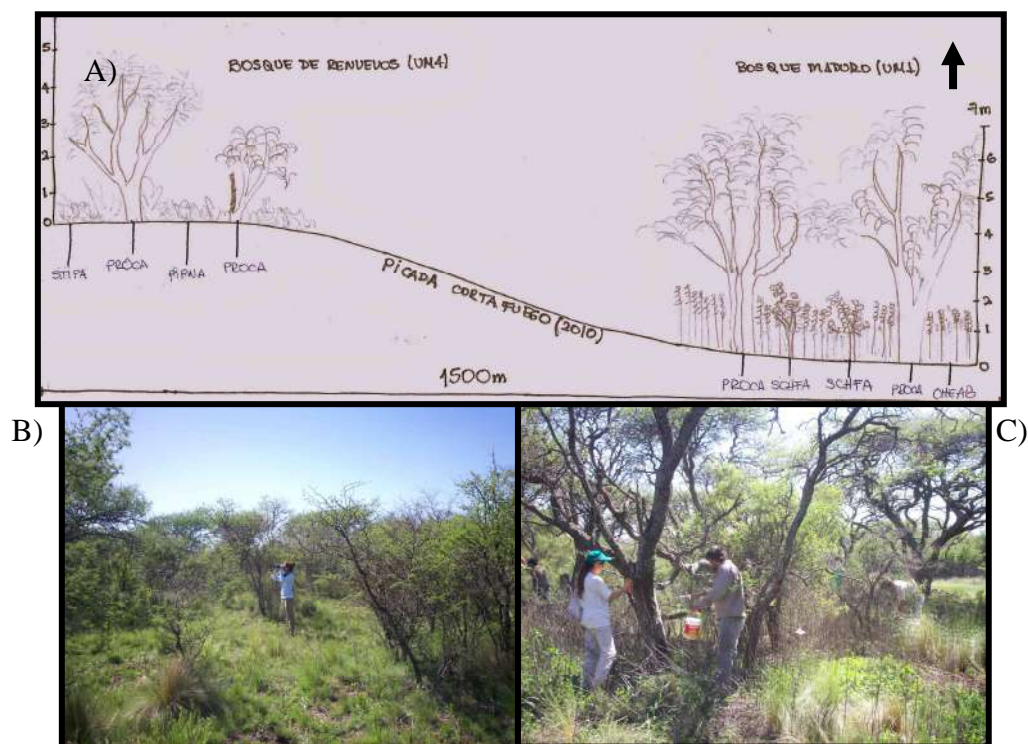
Para este estudio se seleccionaron la Unidad de Manejo 1 (UM1), que tiene como fisonomía característica un Bosque Maduro y la Unidad de Manejo 4 (UM4), en la cual domina un Bosque de Renuevos. Estos dos sitios son vecinos, pero muestran características

fisonómicas muy contrastantes. Parte de la fisonomía de ambos rodales fue corroborada tanto por imágenes aéreas obtenidas para el año 1961 e imágenes satelitales del año 2011 (fecha en la cual se realizó el Inventario Forestal en Bajo Verde) (Figura 5). También se utilizaron fotografías digitales capturadas en el momento de las salidas a campo (Figura 6).



**Figura 5.** A) Imagen aérea de los dos sitios de estudio en la Estancia Bajo Verde para el año 1961. B) Imagen satelital de los dos sitios de estudio en la estancia Bajo Verde para el año 2009. El Renoval es característico de la Unidad de Manejo 4, mientras que el Bosque Maduro caracteriza a la Unidad de Manejo1.





**Figura 6.**A) Representación gráfica de los dos rodales y la dominancia de especies en cada uno. PROCA= *Prosopis caldenia*; SCHFA= *Schinus fasciculatus*; CHEAB= *Chenopodium album*; STIPA= *Stipa* sp.; PIPNA= *Piptochaetium napostaense*. .B) Fotografía del Renoval abierto, árboles de menor tamaño y altura. C) Fotografía del Bosque Maduro, el bosque es más cerrado y los árboles superan en tamaño y altura a aquellos que pertenecen al Bosque de Renuevos.

En el cuadro siguiente (Tabla 1) se muestran las características principales de ambos rodales, según los datos del inventario efectuado:

**Tabla 1.** Características principales de los dos sitios de estudio (Bosque Maduro y del Renuevos) en Bajo Verde. Estos resultados provienen del Inventario Forestal realizado en dicho campo en el año 2011.

	UM1-BOSQUE MADURO	UM4-RENOVAL
<b>CONFIGURACIÓN DEL TERRENO</b>	220 msnm	236 msnm
<b>CALDENES ADULTOS &gt;10cmDAP (Diámetro a la altura de pecho)</b>		
Cobertura de canópea	>65%	<25%
Altura total promedio	6,9m	5m
Densidad	446plantas/ha	90plantas/ha
<b>REGENERACIÓN ARBÓREA &lt;10cmDAP (Diámetro a la altura de pecho)</b>		
<i>Prosopis caldenia</i>	0	1333renuevos/ha
<i>Schinus fasciculatus</i>	1864renuevos/ha	0
<i>Jodina rhombifolia</i>	264renuevos/ha	0
<b>SANIDAD ARBÓREA</b>		
Cicatrices de fuego	en el 80% de los adultos	En el 100% de los adultos
Mortandad por autoraleo	Alta	Nula
<b>ESTRATO HERBÁCEO-PASTIZAL</b>	Anuales	Mixto

#### 2.3.1.1. Unidad de Manejo 1: Bosque Maduro

Este sitio ya era un bosque cerrado en 1961 (Figura 5A). En el 2011 (según los resultados del Inventario Forestal realizado para dicho sector) presentó en promedio 446 árboles/ha (exclusivamente caldenes) (Tabla 1) lo que permitió calificarlo como un monte con densidades de adultos excesivas y dentro de la categoría de Caldén Cerrado (CC), ya que contiene más de 290 árboles/ha, según los resultados del Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS 2007). Los árboles dominantes se presentaron frecuentemente en grupos de 4-5 árboles juntos, compitiendo evidentemente entre ellos con fustes alargados en busca de luz. Las copas culminan, en promedio, a 7 m de altura, lo que es superior a la media general para la categoría CC de 5,6 m (SAyDS 2007).

La cobertura de copas es alta. Esto genera un efecto de sombreado que explica la importante mortandad de caldenes dominados, y que también afectó al estrato herbáceo: el sitio está totalmente dominado por especies estivales anuales como la quínoa (*Chenopodium album* L. Bosc.) a la sombra de los caldenes, con manchones de pajas (*Stipa ichu* Ruiz y Pav. y *Stipa tenuissima* Trinius.) de bajísima calidad forrajera, en las partes soleadas.

La regeneración se compone de una altísima proporción de molles (*Schinus fasciculatus* Griseb.) acompañados en menor medida por los pejes o sombras de toro (*Jodina rhombifolia* Hook et Arn.), en ausencia total de caldenes (Tabla 1). Finalmente, se observó una alta proporción de cicatrices de fuego en los fustes dominantes. Además, se identificó en esta zona algunos ejemplares, también dominantes, que se originaron por regeneración post-tala.

#### 2.3.1.2. Unidad de Manejo 4: Bosque de Renuevos

En comparación con el sitio anteriormente descrito, esta zona era un espacio totalmente abierto en 1961 (Figura 5A), cuando el predio empezaba a dedicarse a la cría de bovinos. Este rodal en el año 2011 (según los resultados de Inventario Forestal realizado para ese mismo año) presentó en promedio 90 árboles/ha (exclusivamente caldenes, con algunos algarrobos (*Prosopis flexuosa* Griseb.)) (Tabla 1). Esto, permitió calificar a este sitio como un monte abierto y considerarlo dentro de la categoría de Caldén Abierto (CA), según los resultados del Inventario Nacional de Bosques Nativos (SAyDS, 2007), con estos mismos valores de densidad en árboles/hectárea, y estos mismos niveles de alturas de dominantes (5,1 m).

El estrato arbustivo es ralo, con la dominancia notable del cedrón del monte (*Aloysia gratisima* (Gill. et Hook.) Tronc.) en las partes soleadas. El pastizal, contiene una alta proporción de flechilla negra (*Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel.), en competencia con manchones de pajonal ya bien establecidos.

Los dominantes escasos, y con severas marcas de fuego en el 100% de los casos, están acompañados de una importante regeneración de rebrotes post-fuego, evidentes por su crecimiento en grupos alrededor de un tallo quemado. Sin embargo, algunos ejemplares de *P. caldenia* con DAP <10cm, presentaron marcas de fuego.

#### 2.4. Recolección de muestras para el estudio dendrocronológico

En cuanto a la recolección de las muestras, se organizaron cinco salidas a campo en los meses de junio y julio de 2012, fecha en la cuál ya había finalizado el período de crecimiento de *P. caldenia* para los años 2011-2012.

Se seleccionó una Unidad de Muestreo característica a cada Unidad de Manejo, y se trazó sobre un determinado sitio una transecta de 100m de largo para extraer las muestras. Cada 5m se seleccionaron los individuos más cercanos a la línea de la transecta, que luego iban a ser extraídos. Se cortaron secciones transversales de tal modo que el corte fuera lo más próximo al suelo, generalmente a la altura del cuello, cavando con pala, en caso de ser necesario. Se extrajeron en total 46 muestras (22 pertenecientes al Bosque Maduro y las restantes 24 corresponden al Bosque de Renuevos). También se recolectaron muestras de manera aleatoria de árboles ya volteados y con evidentes cicatrices de fuego en el leño, ubicados en la picada cortafuego. Este muestreo adicional se realizó seleccionando los individuos de mayor porte a fin de establecer con seguridad la edad de origen de cada una de las dos poblaciones. En relación a esto, se cortaron 25 rodajas basales de individuos maduros, 13 ejemplares de la picada próxima a la Unidad de Muestreo del Bosque Maduro y 12 individuos de la picada próxima a la Unidad de Muestreo del Bosque de Renuevos. Para la extracción de estas rodajas basales, se utilizó una motosierra STIHL MS 381 para los individuos más grandes o de mayor porte y serrucho para los individuos más pequeños.

En este trabajo, se definió a una cicatriz de fuego (Figura 7) como una alteración severa, demarcada por una porción del leño sin crecimiento, causada por la carbonización de las células cambiales en el sector del anillo de crecimiento dañado. El cambium residual da lugar a un crecimiento compensatorio para cubrir la herida (Bravo *et al.* 2001). En algunos casos, si la superficie dañada no involucra gran porcentaje del perímetro del

tronco, eventualmente los tejidos de cicatrización de cada extremo se fusionan dejando cicatrices “ciegas” (Figura 7), sólo reconocibles en corte transversal (Kitzberger *et al.* 2000). La formación y posición de las cicatrices es función de la temperatura y velocidad de avance del fuego, la altura del árbol y el grosor de la corteza del árbol afectado. Las marcas de fuego, corresponden a lesiones más leves, se identifican con el microscopio por un oscurecimiento en uno o más sectores de un anillo de crecimiento, el daño queda restringido a la corteza y hay continuidad en la formación de tejido leñoso (Bravo *et al.* 2001).



**Figura 7.** Cortes transversales de muestras analizadas. En la fotografía de la izquierda se observa una cicatriz de fuego evidente sobre la corteza, en donde el cambium está recubriendo progresivamente esa parte del leño. La fotografía de la derecha, muestra una cicatriz “ciega”, producto de la cicatrización total del daño por fuego. Las flechas señalizan las heridas.

Además de la recolección de las muestras, se analizaron fisonómicamente los sitios de estudio, se los comparó con los resultados descriptos anteriormente según el Inventario Forestal y se llegó a la misma conclusión en cuanto a las características fisonómicas de los rodales estudiados.

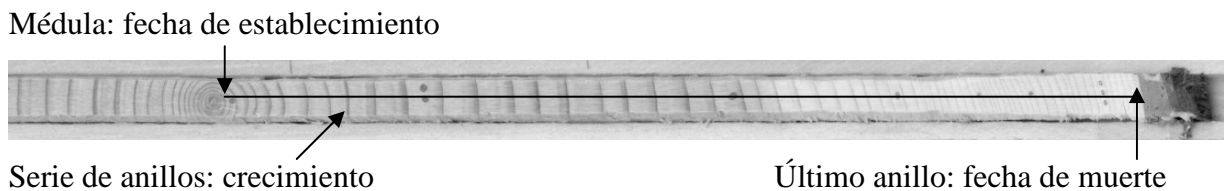
### *2.5. Tratamiento de las muestras*

Una vez obtenidas las muestras, se las marcaron de manera tal que se pudiera identificar de dónde fueron extraídas, luego se las dejó secar aproximadamente tres semanas en un lugar cerrado y a temperatura ambiente. Posteriormente, la superficie transversal de cada muestra fue mecánicamente pulida utilizando papel de lija de textura de progresión ascendente (desde números 40, 60, 80, 100, 120, 180, 280, 320, 360 y 400). El residuo de aserrín fue eliminado con aire a presión. 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 (producto del pulido a números menores de lija). El adecuado pulido es indispensable para poder interpretar sin dificultades la estructura que define el límite del

anillo. Esta tarea se realizó en la carpintería de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa.

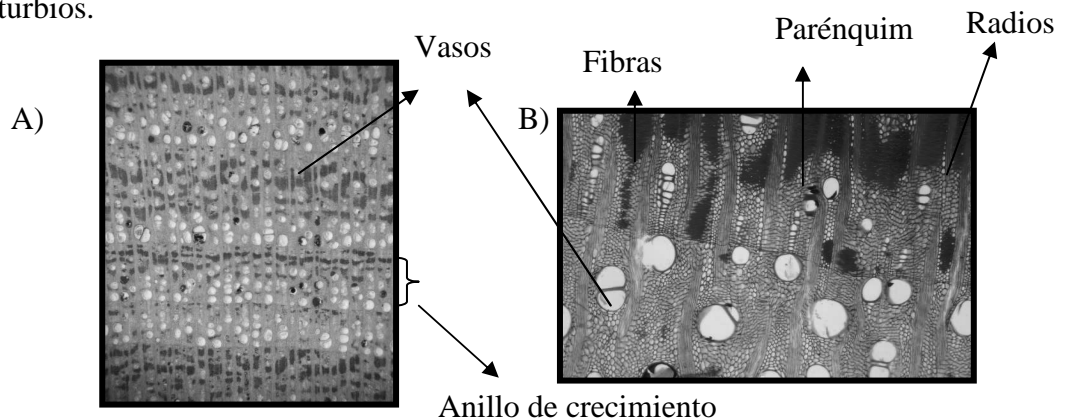
### 2.6. Desarrollo de la Cronología

A partir de las muestras ya preparadas, se procedió a la observación visual de las mismas por medio de una lupa estereoscópica (Olympus SZ61). Esto permitió contar los anillos de cada ejemplar (realizándose el conteo de los mismos desde la médula hacia la corteza), marcándose cada década con un punto, cada mitad de siglo con dos puntos y cada siglo con tres puntos, para facilitar de este modo el posterior proceso de medición (Stokes y Smiley 1968). En este estudio se utilizó la convención de Schulman (1956) para el hemisferio sur, la cual asigna a cada anillo de crecimiento el año en que se inició el crecimiento (Figura 8).



**Figura 8.** Representación gráfica e ilustrativa del conteo de los anillos de crecimiento en una muestra de barreno para una especie leñosa.

La Figura 9, 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 9.** Descripción de la estructura leñosa de *Prosopis caldenia*. A) Vista general. B) Detalle del anillo con los elementos constitutivos.



## 2.7. Cofechado e Intervalo Medio de Fuego

El cofechado es el principio más importante de la dendrocronología, desarrollado por Holmes en 1983, en el Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Arizona. Para su evaluación se aplica el programa COFECHA (Grissino-Mayer 2001). Este programa consiste en comparar las variaciones en los anchos de los anillos de muestras provenientes de un mismo árbol, o bien de muestras de distintos árboles colectadas en un área dada, así como de muestras colectadas de árboles de áreas cercanas. Esto permite identificar claramente el año exacto en que un anillo de crecimiento fue formado y hacer correcciones debido a anillos que se encuentren localmente ausentes o bien a anillos falsos (Fritts 1976). El cofechado resulta posible porque similares condiciones medioambientales en un área dada limitan el crecimiento y porque las fluctuaciones anuales de los factores limitantes producen variación sincrónica en el ancho de los anillos (Neira 1995).

Por medio del programa FHX2 (Grissino-Mayer 1995) se calculó el Intervalo Medio de Fuego (IMF) para ambos rodales, ya que el número de incendios no fue igual para los dos sitios. Este IMF, determina el número promedio de años entre fechas de fuego en una cronología compuesta (Kitzberger *et al.* 2000). Además, se obtuvieron las representaciones gráficas de los incendios para cada muestra y para cada rodal.

## 2.8. Medición de ancho de anillos y desarrollo de una cronología de crecimiento

### 2.8.1. Medición de los ancho de anillos de cada muestra

El ancho de los anillos fue medido con un dendrómetro VELMEX Inc (Figura 10), con una precisión de 0,001 mm. Esta máquina consiste en un carro que desplaza la muestra y un contador (medición del ancho) conectado a un computador personal, quedando registrada la medida en un archivo, el cual es la fuente para el programa COFECHA (Holmes 1983).



**Figura 10.** Sistema de medición VELMEX Inc del Laboratorio de Dendrocronología de la UNSL.



En este trabajo de tesina, la medición de los anchos de anillos y el cofechado de cada muestra se realizó en el Laboratorio de Dendrocronología del Departamento de Ciencias Agropecuarias, dependiente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico-Sociales de la Universidad Nacional de San Luis.

### 2.8.2. Determinación del crecimiento radial por medio de los anchos de anillos

El crecimiento forestal, depende de las condiciones ambientales, de la composición de especies, la edad, el tamaño y el número de árboles presentes (Archibold 1995). El crecimiento individual de un árbol puede descomponerse como la suma de factores de distinta índole (crecimiento agregado). Así, el espesor de un anillo de crecimiento ( $R_t$ ) en cualquier año ( $t$ ) se expresa como:

$$R_t = A_t + C_t + \Delta D_{1t} + \Delta D_{2t} + E_t$$

Donde:  $A_t$  es la forma de crecimiento de la especie influenciada por la edad y las condiciones forestales (suelo, clima local y densidad);  $C_t$  es la influencia de todas las variables climáticas anuales sobre el crecimiento; los deltas están asociados con presencia o ausencia (uno o cero) de disturbios en el bosque o hábitat, pudiendo ser endógenos  $D_{1t}$  (por ejemplo, competencia por luz, formación de claros) o exógenos  $D_{2t}$  (por ejemplo, ataques de insectos, incendios);  $E_t$  es la variabilidad no explicada o error aleatorio, asociada con otras señales (Cook 1985).

Como para cada año existe un ancho de anillo, lo que se hizo para construir la cronología de crecimiento de ambos rodales fue, calcular para cada año la media del ancho de anillo de todas las muestras que fueron cofechadas, obteniendo de esta manera el crecimiento medio a lo largo del tiempo para el Bosque Maduro y para el Bosque de Renuevos. Esto se pudo realizar a partir del uso del programa YUX, función que se encuentra dentro del DPL (Dendrochronology Program Library).

A su vez, para determinar si existieron diferencias significativas entre el crecimiento medio de los ejemplares más longevos y los más jóvenes dentro de cada sitio y entre sitios se realizó un análisis de la varianza del crecimiento radial medio de los individuos. Se analizaron los primeros 42 años para todos los ejemplares del Bosque Maduro (UM1) y de la cohorte más longeva del renoval, mientras que de los ejemplares juveniles de la UM4 se estudiaron todos los años de crecimiento (33). Como pruebas post-hoc se aplicaron las pruebas de Tuckey y 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 IBM® SPSS® Statistics 19.

### 3. Resultados

#### 3.1. Cofechado

Se lograron cofechar en total 35 árboles de caldén, 20 pertenecientes al Bosque Maduro y 15 pertenecientes al Renoval, además de 8 individuos de molle extraídos del Bosque Maduro. Estos resultados, fueron reforzados asimismo con las fechas de edad y de cicatrices de aquellas muestras recolectadas que solo pudieron ser contadas bajo el estereoscopio sin poder ser cofechadas por su grado elevado de distorsión por fuegos.

La intercorrelación entre series para *Prosopis caldenia* fue de 0.369, superior al nivel crítico de correlación 0.32 para un 99% de confianza. Este valor indica un alto porcentaje de señal común en las variaciones interanuales del crecimiento radial entre los individuos muestreados. El número total de anillos analizados en la cronología fue de 2.579. Se identificaron (en el estereoscopio) en total 69 lesiones causadas por fuego, lo que representa 9 eventos de fuego: 1905, 1911, 1927, 1947, 1978, 1990, 1996, 2001 y 2006. La cronología de caldén resultante desarrollada para la zona de estudio tiene una amplitud de 121 años, cubriendo el período 1890-2011.

El cofechado de la cronología de molles dio una intercorrelación de 0.493, también significativa. El período en estudio comprende de 1989 a 2011. El total de anillos analizados fue de 122, y la cantidad total de cicatrices de fuego encontradas fueron 5, representando 2 eventos de fuego: 2001 y 2006. Los molles fueron cofechados por separado por ser series más cortas y de otra especie que las de caldén.

#### 3.2. Cronología de Incendios

Para la cronología de incendios, se determinó la fecha calendario de los eventos de fuego que afectaron al bosque de caldén para cada sitio de estudio. Las últimas 5 fechas de fuego mostraron ser comunes para ambos rodales, pero estos mismos incendios afectaron por desigual a cada población, de allí que los resultados fueron:

##### -Bosque Maduro

Se reconocieron 9 eventos de fuego desde 1890 hasta el 2011. De 1890 a 1978 se registraron 4 incendios, uno en 1905 (sólo se vio marca en una muestra) y los otros se determinaron para los años 1911, 1927 y 1947. Además, se encontraron cicatrices de fuego en las muestras analizadas para los años 1978, 1990, 1996, 2001 y 2006. Cabe señalar que los fuegos de 2001 y 2006 sólo se encontraron en aquellos ejemplares de molle, mientras que los individuos de caldén no presentaron cicatrices y/o marcas para esos años. De las

muestras extraídas de la picada, el 85% estaban marcadas por fuego. Mientras que para aquellas extraídas de la transecta, el 75% mostró secuelas de incendios.

A partir de 1890 y hasta 2011, el Intervalo Medio de Fuego calculado fue de 13,44 años, esto quiere decir que cada 13 años aproximadamente hubo un fuego. Pero no se correlaciona con los datos de los últimos 20 años (desde 1990), en los cuales cada 5 años se determinó la ocurrencia de un fuego.

#### -Bosque de Renuevos

Se determinaron 5 eventos de fuegos con marcas muy evidentes sobre las muestras extraídas en este sitio. Al tener origen sobre la década de 1960, se identificaron fuegos en las siguientes fechas: 1978, 1990, 1996, 2001 y 2006. El 83,3% de las muestras que se extrajeron de la picada presentaron cicatrices de fuego. El 75% de los ejemplares que fueron sacados en la transecta mostraron marcas de fuego, pero solo se pudo determinar las fechas de incendio del 46% de ese total.

El Intervalo Medio de Fuego calculado para este rodal fue de 8,2 o sea que cada 8 años aproximadamente se produce un incendio en el bosque de renuevos. Pero hay que volver a aclarar que en los últimos 20 años, la frecuencia de fuegos aumentó y cada 5 años se encontraron cicatrices de fuegos en las muestras analizadas para esta zona también.

#### 3.2.1. Incendios que mayor incidencia tuvieron sobre los individuos

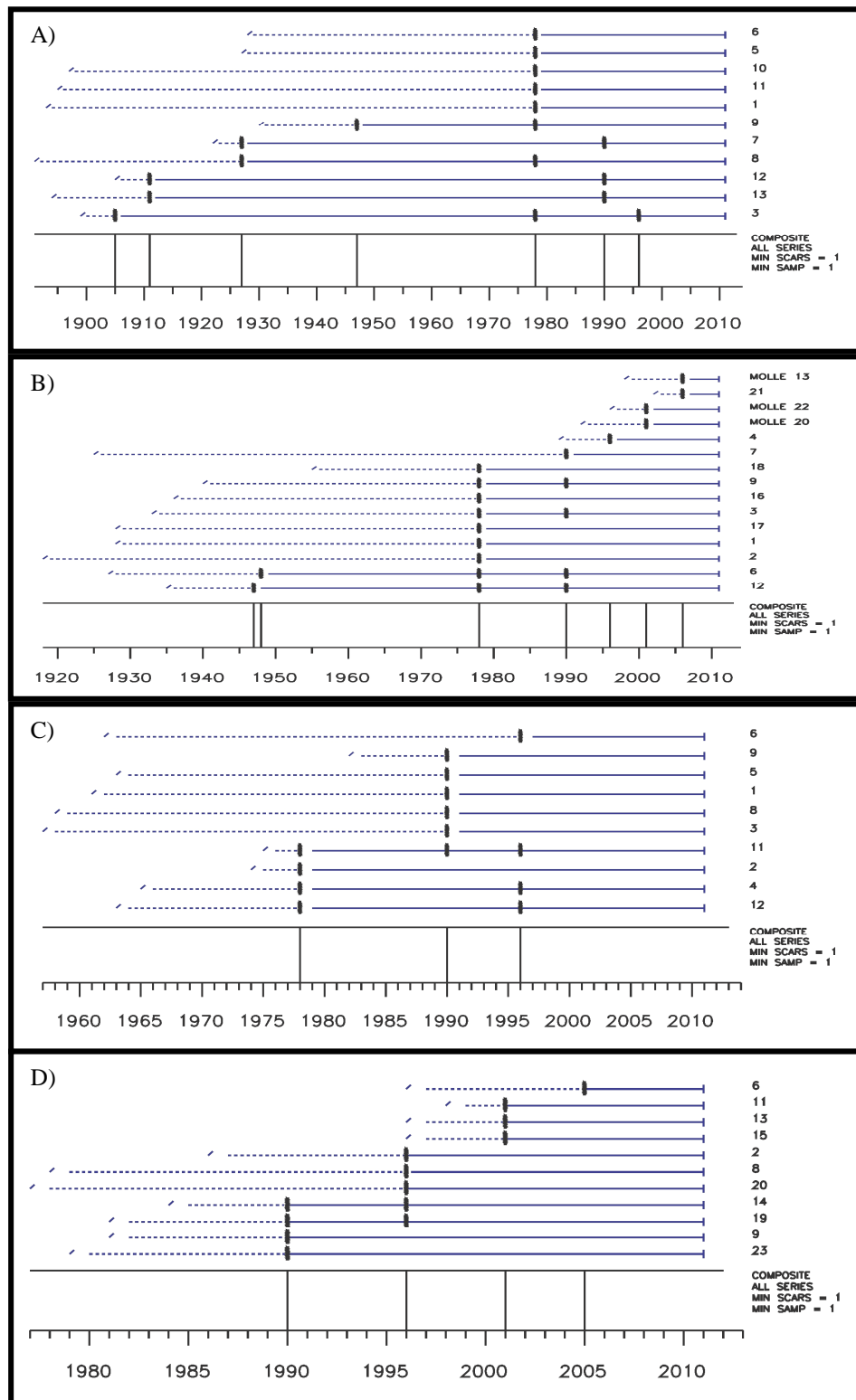
-El de 1978 encontrándose marcas en 21 ejemplares de caldén, afectando en mayor proporción (18 individuos) a aquellos que pertenecen al Bosque Maduro.

-El de 1990, que afectó a 18 individuos, 10 del Bosque de Renuevos.

-Y el de 1996, de las cuales 9 de 11 muestras pertenecen también al Bosque de Renuevos.

#### 3.2.2. Cronología compuesta de fuegos

A partir de los datos encontrados y mediante el programa FHX2, se confeccionaron los gráficos (Figura 11) que muestran las fechas de incendios que se determinaron y en cuántas muestras afectó dicho fuego para cada uno de los rodales estudiados, discriminando las muestras extraídas de la picada y de la transecta.



**Figura 11.** Cronología de fuegos. A) Muestras de la picada del Bosque Maduro. B) Muestras de la transecta del Bosque Maduro. C) Ejemplares extraídos de la picada del Bosque de Renuevos. D) Muestras obtenidas de la transecta del Bosque de Renuevos de la Estancia Bajo Verde. Las líneas horizontales representan el tiempo de vida analizado de cada uno de los caldenes y molles estudiados (línea horizontal punteada indica el período en el cual no hubo incendio) en las cuales se representa el año en que fueron cortados los ejemplares (línea vertical corta a la derecha del gráfico, en todos los casos es 2011), cicatrices y/o marcas de fuego (líneas verticales gruesas). Debajo, cronología compuesta de fuego para el período analizado para cada zona de cada rodal, en la cual las líneas verticales indican el año de ocurrencia de incendios.

### *3.3. Periodo de instalación y estructura de edades de los rodales*

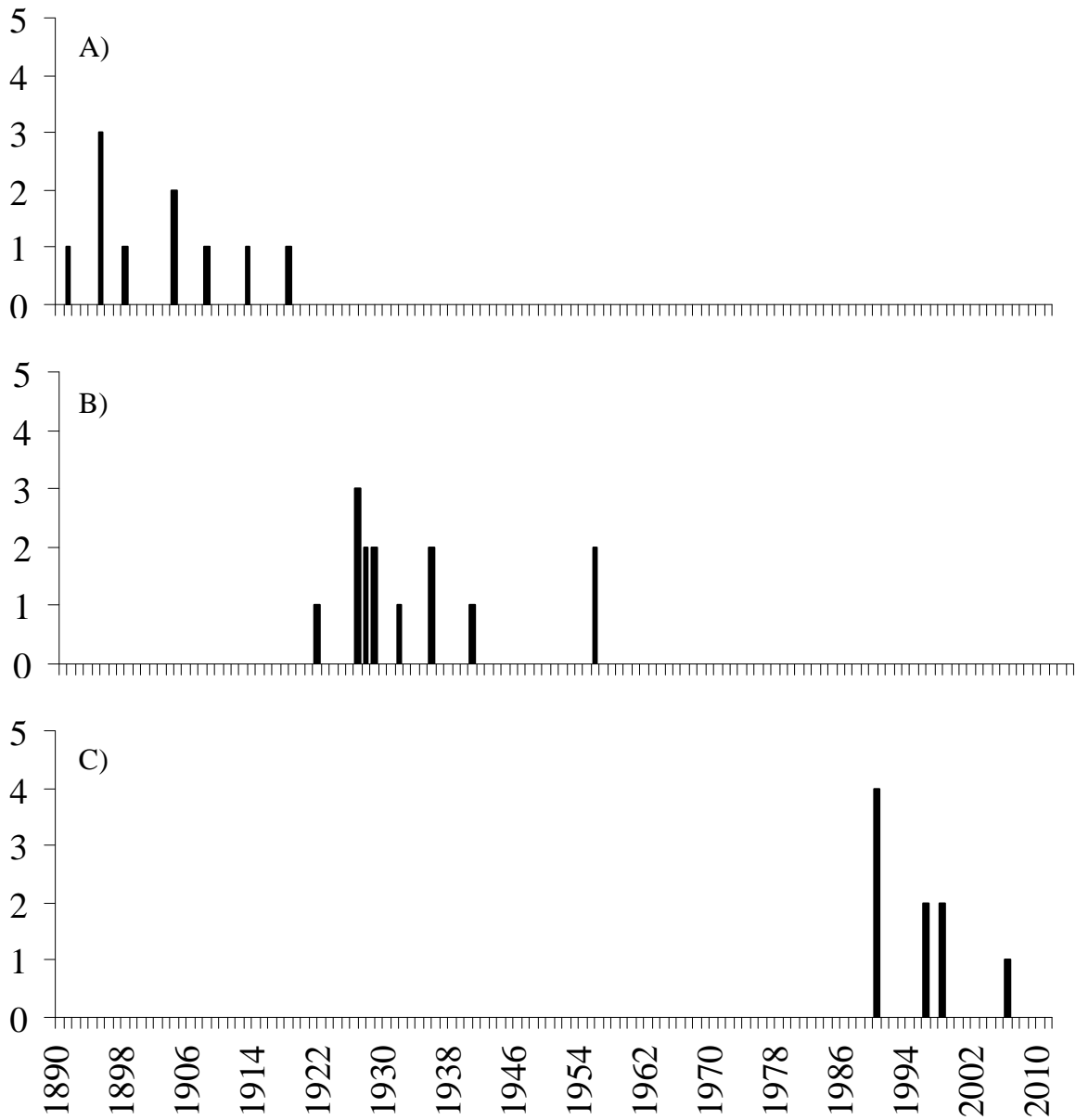
#### -Bosque Maduro

Se instaló a partir de la década de 1890, tal como lo muestran las edades de las muestras extraídas de la picada (Figura 12A). Sin embargo, la población actual está dominada por los numerosos individuos que se desarrollaron a partir de la década de 1920, y que son actualmente los árboles dominantes, tal como queda evidenciado en aquellas rodajas que se extrajeron de la transecta (Figura 12B). Debido a la existencia de estos dos grupos de edades diferenciados se dividió a la población en dos cohortes (BM1890 y BM 1920) respectivamente para estudios posteriores. A partir de la década de 1990 la regeneración empezó a ser dominada por molles (Figura 12C).

#### - Bosque de Renuevos

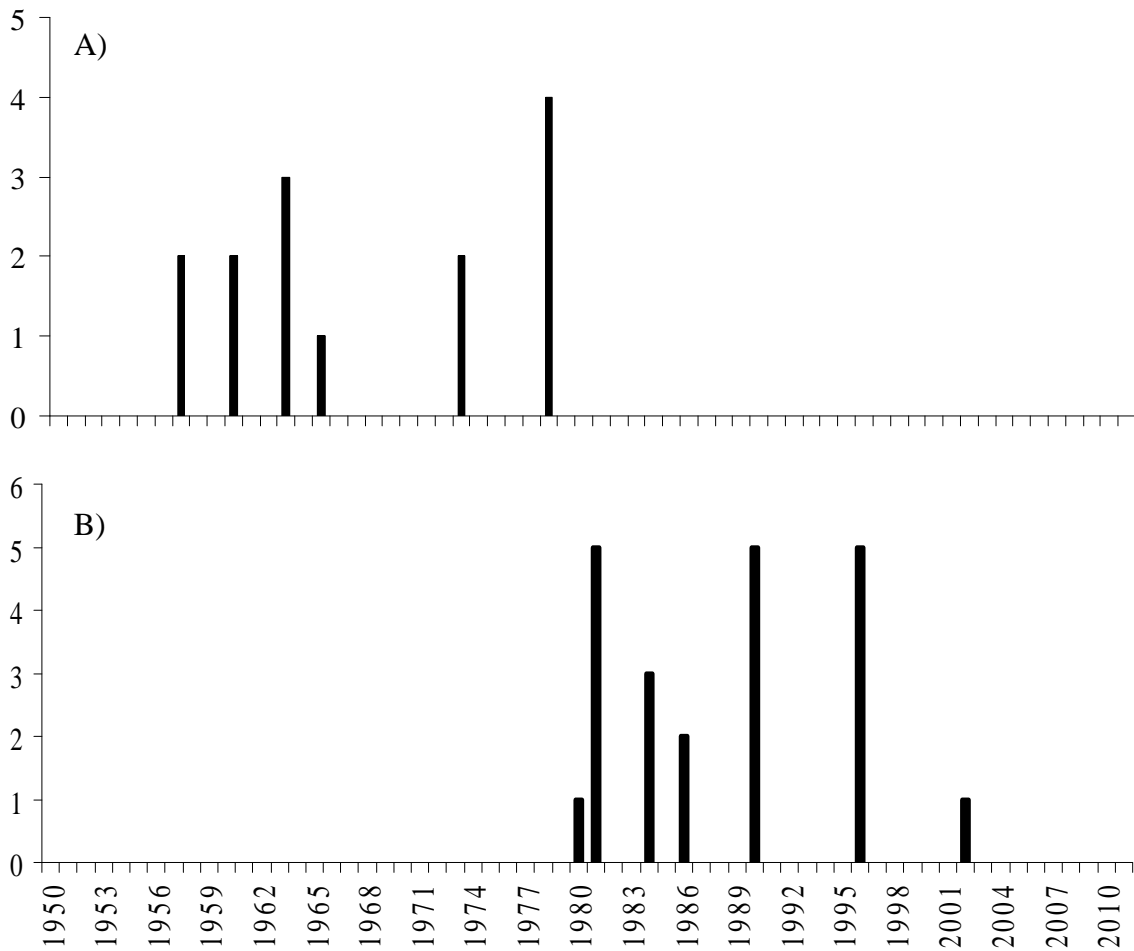
Tuvo origen a partir de la década de 1960, quedando demostrado en aquellas muestras que se extrajeron de la picada (Figura 13A). A pesar de eso, en la actualidad la población está dominada (en relación al tamaño) por árboles que se desarrollaron después del fuego de 1978 (Figura 13B) y (numéricamente o en cantidad) por renuevos, los cuales fueron los fuegos sucesivos (ocurridos después del incendio de 1978) los que posibilitaron el desarrollo de los mismos.

### Número de muestras



**Figura 12.** Fechas de instalación de los individuos de *Prosopis caldenia* y *Schinus fasciculatus* para el Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde. A) Cantidad de individuos que pertenecen a la cohorte de 1890 (*Prosopis caldenia*). B) Cantidad de individuos que pertenecen a la cohorte de 1920 (*Prosopis caldenia*). C) Cantidad de individuos que nacieron después de 1990 (*Schinus fasciculatus*).

### Número de muestras

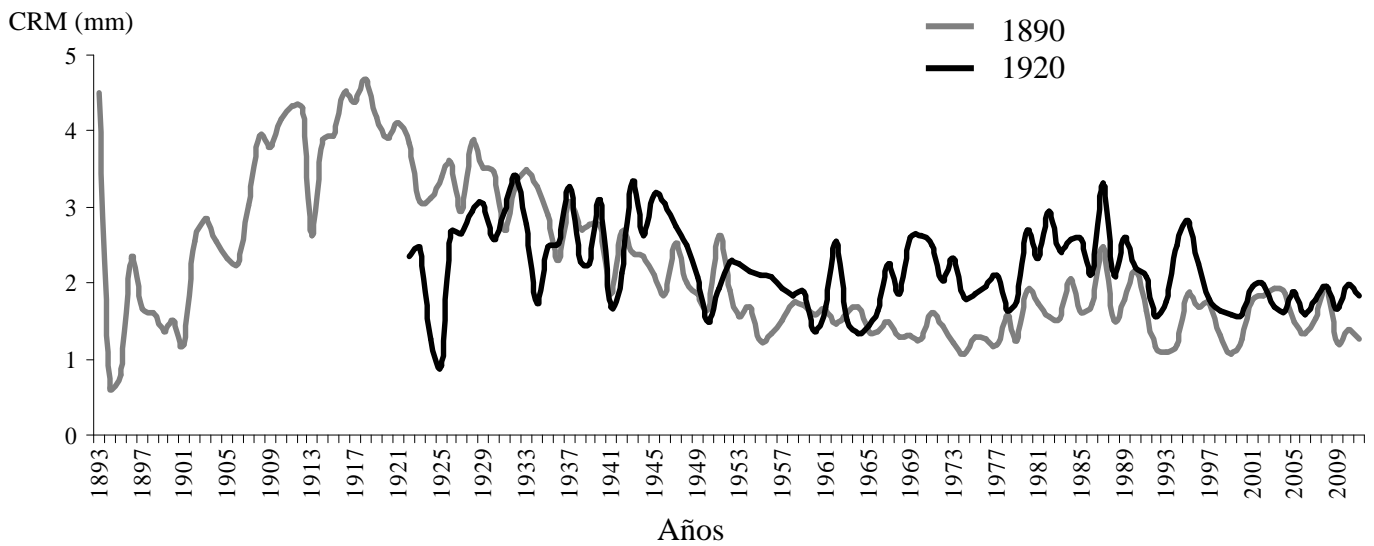


**Figura 13.** Fecha de instalación para los individuos de *Prosopis caldenia* que pertenecen al Bosque de Renuevos de la Estancia Bajo Verde. A) Cantidad de individuos que nacieron para la cohorte de 1960. B) Cantidad de individuos que nacieron en la cohorte de 1980.

### 3.4. Cronología de Crecimiento

A partir de los datos obtenidos por el programa YUX (función del DPL), se confeccionaron los respectivos gráficos para ambos rodales que muestran el crecimiento radial medio (CRM) anual a lo largo del tiempo. Para ambos sitios, se distinguieron los crecimientos por cohortes. La Figura 14, muestra el crecimiento radial medio en milímetros de los caldenes del Bosque Maduro, diferenciando el crecimiento de la Cohorte de 1890 y la Cohorte de 1920.

### 3.4.1. Crecimiento del Bosque Maduro



**Figura 14.** Crecimiento radial medio (mm) de individuos dominantes correspondientes a la cohorte de 1890 y 1920 en rodales de *Prosopis caldenia* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde.

Como se observa en la Figura 14, 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. Por sobre el período de 1930, se produce una importante disminución del crecimiento, manteniéndose estable a lo largo del tiempo. El crecimiento máximo de esta cohorte ocurrió entre los 24 y 27 años.

Por otro lado, se produjo un regenerado masivo de *P. caldenia* durante la década de 1920. El crecimiento no presentó el mismo comportamiento que aquellos individuos que se originaron en 1890. Hay un pico de crecimiento muy leve sobre el comienzo, que luego decrece y se mantiene más o menos estable. No obstante, se observa que a partir de la década de 1960 el crecimiento de los individuos de ésta 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.

Dentro de la cohorte de 1890, el valor máximo de ancho de anillo hallado fue de 4,6 mm y el mínimo de 1,06 mm. Se encontró para la cohorte de 1920 un valor máximo de ancho de anillo de 3,41 mm y un valor mínimo de 1,49 mm.

#### 3.4.1.1. Crecimiento de *Schinus fasciculatus*

Se mencionó anteriormente que los molles, aunque forman parte del Bosque Maduro, fueron analizados separados de los caldenes, por formar series mucho más cortas y por ser otra especie de leñosa. El crecimiento radial medio anual de esta especie se ilustra

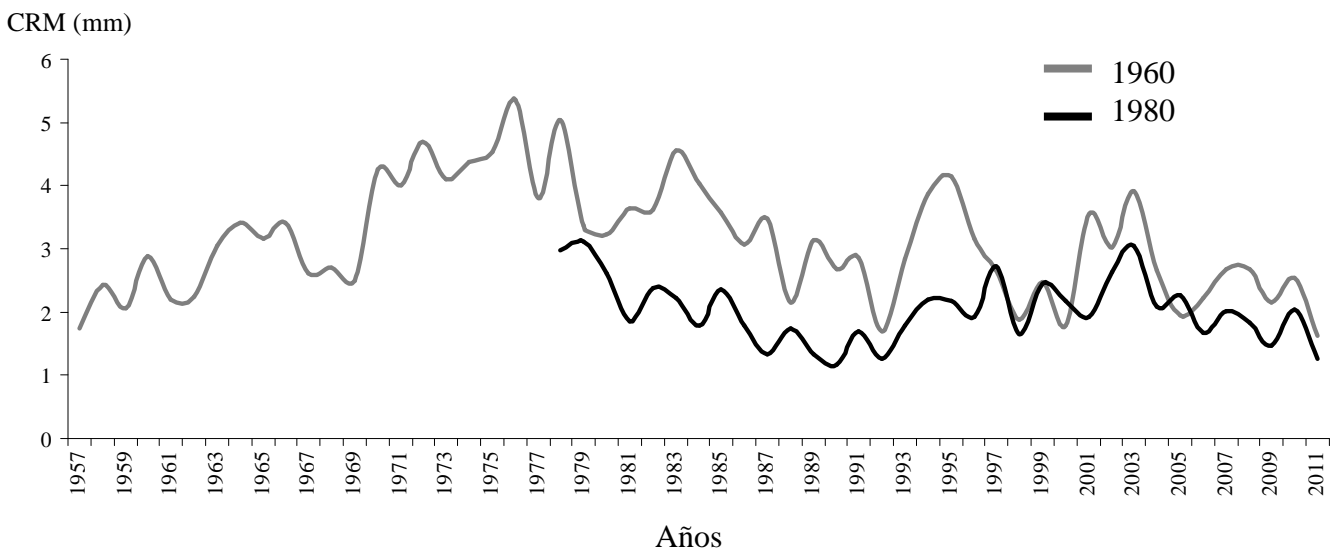


en la Figura 15. El crecimiento se mantiene estable, pero se distingue una notable disminución a partir del 2003 que sigue hasta la actualidad. El crecimiento máximo se produjo a los 7 años.



**Figura 15.** Incremento radial medio (mm) de los individuos de *Schinus fasciculatus* pertenecientes al Bosque Maduro de la Estancia Bajo Verde.

### 3.4.2. Crecimiento del Bosque de Renuevos



**Figura 16.** Incremento radial medio (mm) para individuos dominantes de *Prosopis caldenia* correspondientes a la cohorte de 1980 y 1960 pertenecientes al Renoval de la Estancia Bajo Verde.

Se puede observar de manera gráfica en la Figura 16 la formación de dos cohortes (1960 y 1980). Si analizamos el crecimiento de cada una, el rodal perteneciente a la cohorte más vieja sufrió al comienzo alguna adversidad, ya que el crecimiento máximo ocurrió en una etapa juvenil avanzada y no la inicial; con el paso del tiempo, este crecimiento sobrellevó ciertos altibajos, tratando de estabilizarse. El crecimiento máximo de esta cohorte se produjo entre los 19 y 21 años.

En lo que respecta a la cohorte de 1980, el crecimiento se vió favorecido sobre los primeros años, decayendo luego y volviéndose a recuperar más tarde. Esto podría deberse al efecto de la competencia generada por los individuos de la cohorte de 1960, sumado al deterioro que sufrieron los árboles por el fuego. El crecimiento máximo de la cohorte de 1980 ocurrió entre los 18 y 23 años.

El valor máximo de ancho de anillo determinado para la cohorte de 1960 fue de 5,35 mm, siendo el valor mínimo de 2,04 mm. Para la cohorte de 1980, el valor máximo fue de 3,04 mm y el valor mínimo de 1,18 mm.

#### *3.4.3. Condiciones generales de crecimiento radial de los rodales*

De modo general, los anillos de crecimiento se desarrollaron a un ritmo creciente culminando a la edad de 30 - 40 años, esto quedó demostrado gráficamente en las Figuras 14 y 16 (la Figura 15 corresponde al crecimiento radial en el tiempo de *Schinus fasciculatus*, la edad de los individuos no supera las 20 años, entonces no se puede hacer esta distinción).

En este trabajo el máximo de ancho de anillo encontrado fue de 5,35 mm en el año 1976 para el Bosque de Renuevos, mientras que para el Bosque Maduro el máximo ancho de anillo no superó los 4,5 mm. Después de los 40 años de vida de los individuos, comienza a declinar el crecimiento llegando a 1-2 mm entre los 100-150 años, evidenciado sobre el Bosque Maduro que se originó hace 120 años. No sucede lo mismo con los individuos extraídos del Bosque de Renuevos y para la cohorte de 1960, que pasado los 40 años el crecimiento varió entre 1 mm y 4 mm. Para los ejemplares de este mismo sitio pero que nacieron próximos a la década de 1980, el crecimiento mostró en los últimos 20 años valores de ancho de anillo similares a la cohorte de 1960.

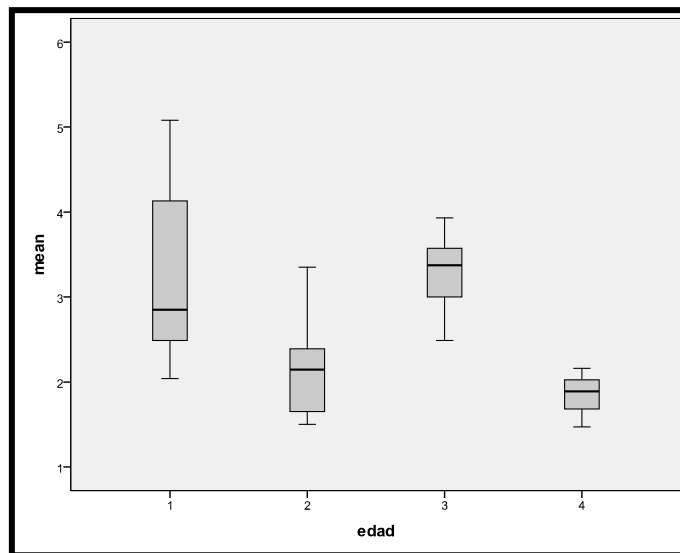
#### *3.4.4. Valor promedio de los anchos de anillos para cada rodal*

El valor promedio del espesor de los anillos de crecimiento para la cohorte de 1890 es de 2,86 mm ( $\pm 1,0$  D.S.) anuales. Para la cohorte de 1920, el ancho de anillo promedio

es de 2,37 mm ( $\pm 0,53$  D.S.) anuales. En cuanto al Bosque de Renuevos, el promedio de ancho de anillos es de 3,49 mm ( $\pm 0,904$  D.S.) anuales para la cohorte de 1960, mientras que para la cohorte de 1980 el valor promedio es de 2,10 mm ( $\pm 0,51$  D.S.) anuales. Estos valores fueron calculados entre la fecha de nacimiento de cada cohorte hasta el año 2011 (fecha en la cual se extrajeron las muestras basales).

#### 3.4.5. Análisis de varianza de los crecimientos radiales medios para ambos rodales

Los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas para el análisis se cumplieron. El gráfico de cajas muestra la mediana y cuartiles para las cuatro situaciones analizadas (Figura 17)



**Figura 17.** Representación gráfica de las medianas y desviaciones estándares del crecimiento radial medio para 1) Bosque Maduro: árboles más longevos (1890), 2) Bosque Maduro: árboles de década del 1920, 3) Bosque de Renuevos: árboles más longevos (1960) y 4) Bosque de Renuevos: árboles jóvenes (1980).

Los resultados del análisis de la varianza muestran que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre las cuatro situaciones analizadas. Las pruebas Post-hoc de Tuckey y Fisher muestran diferencias altamente significativas en el crecimiento radial medio entre los individuos más longevos de ambos rodales con los individuos más jóvenes del mismo rodal. Los árboles más añejos de ambos sitios tienen un crecimiento radial medio superior que los árboles más juveniles y que pertenecen a la segunda cohorte de ambos bosques. Los ejemplares más longevos de ambos sitios (cohortes 1890 y 1960, respectivamente) no mostraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en su crecimiento radial medio al igual que entre los individuos más jóvenes de ambos rodales (cohortes 1920 y 1980), respectivamente (Tabla 2).

**Tabla 2.** Resultados de la prueba post-hoc de Fisher para el crecimiento radial medio de las cuatro cohortes de *Prosopis caldenia*, según el tipo de bosque.

<b>Cohorte</b>	<b>Media (mm)</b>	<b>N</b>
BR1980	1,84 a	3
BM1920	2,16 a	10
BM1890	3,2 b	10
BR1960	3,32 b	12

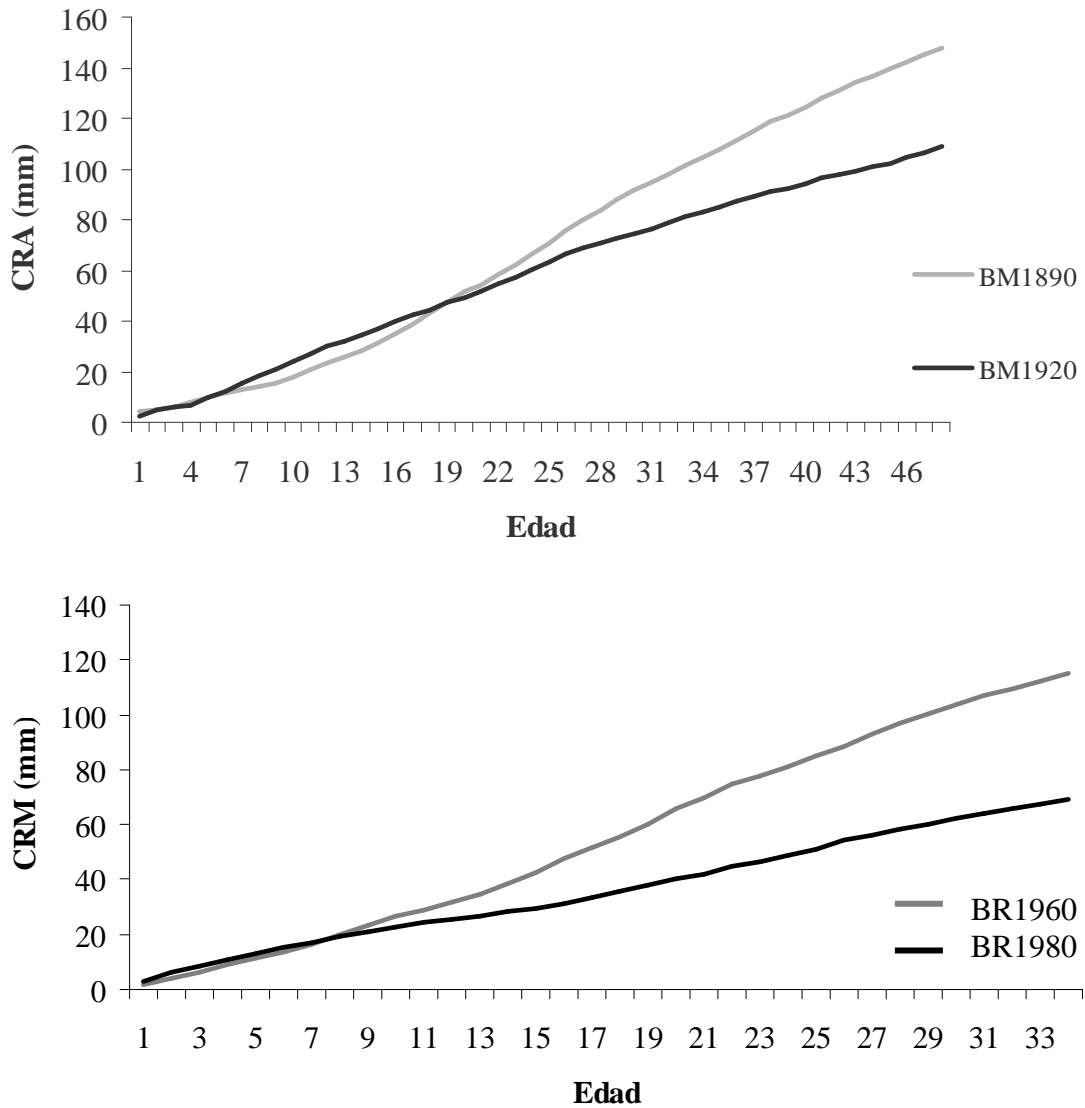
BR= Bosque de Renuevos; BM= Bosque Maduro.

N= Número de individuos analizados por Cohorte.

Letras diferentes indican diferencias significativas a un nivel del 99% de confianza.

#### *3.4.6. Crecimiento radial acumulado*

Se calculó para cada sitio de estudio el crecimiento radial medio acumulado diferenciando las cohortes. De esta manera se muestran los gráficos de crecimiento radial acumulado sobre los primeros 40 años (Figura 18). En la Figura 18A, se observa que la tasa de crecimiento acumulado de la cohorte de 1890 del bosque maduro llegó a los 150 mm, mientras que la cohorte de 1920 mostró una tasa de crecimiento acumulado por debajo de la cohorte de 1890, pero alcanzó un valor de 110 mm. Por otro lado la Figura 18B, que representa el crecimiento radial acumulado del renoval, muestra una notable diferencia de los crecimientos entre la cohorte de 1960 (que alcanzó un valor de 140 mm) y la de 1980 (que alcanzó la mitad que la cohorte anterior).



**Figura 18.** Tasa de crecimiento radial acumulado (mm) en rodales post-fuego de *Prosopis caldenia* en los primeros 40 años. A) Crecimiento radial acumulado para cada cohorte del Bosque Maduro. B) Crecimiento radial acumulado para cada cohorte perteneciente al Renoval.

#### 4. Discusión

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 los disturbios que lo afectan, con especial énfasis en el fuego, pudiéndose determinar la relación entre estas dos variables.

#### 4.1. Efecto de los fuegos sobre la fisonomía de los rodales estudiados

##### 4.1.1. Origen de los rodales

El origen de ambos rodales estuvo condicionado por disturbios antrópicos, como son el fuego, talas y cambio de uso del suelo, los cuales reflejan la historia de uso del caldenal en esta región:

##### -Bosque Maduro

El rodal se origina a mediados de la década de 1890 como consecuencia de rebrotes de un desmonte realizado en años anteriores. Esto corrobora resultados anteriores para esta región acerca de la importancia de las operaciones de desmonte a gran escala realizadas para la misma época (Garbarino 2008; Dussart *et al.* 2011). Esto quedó demostrado por la evidencia de árboles cortados al ras de suelo y rebrotados (Figura 19), así como por la fecha de instalación (1891-1905) de los individuos de mayor porte encontrados en la picada vecina muestreada. Estos árboles añejos no se encontraron en el muestreo de la parcela propiamente dicha (transecta) por su escasa frecuencia. A su vez, tampoco se encontraron árboles de caldén hachados en otras fechas. Por otro lado, la presencia de una población de caldenes en esta misma parcela a partir del siglo XVIII y susceptibles de ser talados fue demostrada en trabajos anteriores con ejemplares muestreados en las proximidades de este sitio de estudio (Medina 2007).



**Figura 19.** Fotografías que evidencian una tala años anteriores de originarse el Bosque Maduro. De esa tala se originó el rebrote sobre la década de 1890.

##### -Bosque de Renuevos

Este renoval se origina al final de la década de 1950, en coincidencia con la introducción del ganado vacuno en una zona donde anteriormente se practicó la agricultura, tal como lo demuestran el análisis de fotografías aéreas sobre el Bajo Verde tomadas en el año 1961 (Figura 5A). Los testimonios de pobladores antiguos que se

podieron recoger y la determinación de la estructura de edades de los individuos de mayor porte acumulados en la picada vecina muestreada confirman estos resultados. Este patrón de desarrollo de bosques secundarios es muy común y representativo del caldenal pampeano (Dussart *et al.* 1997; SAyDS 2006).

Por otro lado, si comparamos la edad de estos rodales con otros rodales de caldén de la provincia de La Pampa estudiados por Dussart *et al.* (1998), se determinó que estos últimos son mucho más antiguos, ya que la datación de los ejemplares comprende el período entre 1743 y 1849. Para los renuevos las fechas de nacimiento calculadas por este mismo autor fueron entre 1939 y 2008. Medina *et al.* (2000) obtuvieron resultados similares en un trabajo realizado al sur de la provincia de San Luis, en el cual la fecha de origen del bosque de *P. caldenia* fue en 1723. Esto, lleva a inferir que el bosque analizado en este trabajo es más joven y podría ser el bosque generado a partir de la desaparición de un bosque más longevo como el encontrado por los autores mencionados.

#### *4.1.2. Estructuras de edades actuales de los rodales*

##### **-Bosque Maduro**

La datación de los individuos permitió inferir que los eventos de instalación de caldén son episódicos y esto produce la formación de masas coetáneas. El Bosque Maduro actual está dominado por una cohorte de *P. caldenia* (446 plantas/ha) que se instala en coincidencia con el fuego ocurrido en 1927 (aunque este mismo sólo se detectó en 4 muestras extraídas). Este disturbio hizo que la cohorte anterior, de 1890, sea reemplazada por un nuevo grupo de dominantes que hoy alcanzan los 7m de altura. Esta alta densidad actual probablemente, fue la que provocó la mortalidad por autoraleo de algunos ejemplares suprimidos por crecer a la sombra. Es notable el desarrollo del molle en los últimos 20 años a causa del fuego, y más aún en un bosque cerrado y maduro, debido a que se adapta perfectamente a condiciones umbrófilas (Cano 1980).

##### **-Bosque de Renuevos**

En este caso también, la estructura de edades del rodal actual quedó totalmente determinada por las fechas de fuego, pero a diferencia del caso anterior, la frecuencia de este disturbio aumenta poco tiempo después de iniciarse la población, a fines del siglo XX. En consecuencia, los dominantes actuales conforman un estrato abierto (90 árboles/ha) de caldenes rebrotados o instalados inmediatamente después del primer fuego, en 1978. La

regeneración que los acompaña es muy abundante (1.333 plantas/ha) dominada por caldenes rebrotados después de los sucesivos fuegos de 1990, 1996, 2001 y 2006.

#### 4.2. Intervalo medio de fuegos

La frecuencia de los incendios determinó la estructura actual de los dos rodales estudiados en la Estancia Bajo Verde. Hay que señalar que la ocurrencia repetida de los fuegos en los últimos 20 años fue la que más impacto tuvo sobre la fisonomía de estos bosques. Se debe mencionar que se desconoce por completo el origen de los fuegos.

##### -Bosque Maduro

Para este sitio, la evolución a un bosque secundario se vio totalmente favorecida, ya que después del incendio de 1927 los árboles registraron marcas de fuego en el leño luego de 50 años (se detectó un fuego en 1947, pero no se tuvo en cuenta ya que no presentó indicios de alteración en el rodal porque fue fechada en dos muestras del total). Sin embargo, con los recurrentes incendios posteriores a 1978 el establecimiento de arbustos de *S. fasciculatus* empezó a dominar.

##### -Bosque de Renuevos

La evolución de este rodal en forma de bosque secundario colonizador de espacios abiertos a partir de los años 1950 se vio por lo tanto interrumpida por esta alta frecuencia de fuegos inmediatamente después de originarse, y derivó hacia la formación de un renoval que poco a poco parece cerrarse. El caso de este rodal demuestra el impacto del aumento de las frecuencias de fuego en el caldenal pampeano a finales del siglo XX, descrito también en otros trabajos (Dussart *et al.* 1998).

En este sitio se encontró que alrededor de cada ejemplar muerto en pie por un incendio se desarrollaban, como mínimo, dos renuevos. Estos resultados confirman estudios previos que mencionan el efecto positivo del fuego sobre el regenerado de caldén (Villalobos *et al.* 2005) (Figura 20).





**Figura 20.** Fotografías de rebrotes post-fuego del Renoval en la Estancia Bajo Verde. En las imágenes se muestra el individuo muerto en pie, calcinado por completo y rodeado de rebrotes de *Prosopis caldenia*.

Al comparar el impacto del fuego de estos dos sitios en particular (Bosque Maduro y Bosque de Renuevos del caldenal pampeano), con otros lugares del mundo (Australia y zonas mediterráneas de Europa), se encontró que el fuego actúa de manera opuesta a pesar de que, tanto las condiciones climáticas (áridas-semiáridas) como la vegetación que se desarrollan son comparables (leñosas en este caso). En esos ambientes los incendios favorecen el desarrollo de zonas con aspectos de sabanas en donde dominan especies de pastizales, en lugares donde se podría esperar el crecimiento de una formación boscosa (Archibold 1995). Lo que sucede en estos bosques xerófilos de *P. caldenia* puede deberse entre otras cosas a que: el caldén y otras leñosas del caldenal tienen como principal adaptación al fuego, su capacidad de rebrote basal, y su resistencia al mismo (por grosor de la corteza y cicatrización), la cual implica demoras en el crecimiento de las mismas (Dussart *et al.* 1997). Por otra parte, el caldén no se adaptó al fuego según el otro gran mecanismo ecológico, producir muchas semillas o propágulos viables post-fuego. Esto implica que en casos de fuegos repetidos, es esperable una situación o estado relativamente estable dominado por individuos rebrotados y de más lento crecimiento.

Diferentes tipos de bosques tienen diferentes frecuencias de incendio (Brown y Lamberto 1996). Sin embargo, la frecuencia de los fuegos característicos a finales de la segunda mitad del siglo XX en los bosques de caldén son similares a aquellos fuegos que ocurren en ecosistemas arbustivos mediterráneos (IMF=10 a 20 años), como así también en Australia (IMF=10 a 13 años) y en Chile (IMF= 10 años) (Archibold 1995) en los cuales la vegetación está adaptada a regenerarse después de un incendio por rebrotes. La alta frecuencia de los fuegos, hace que los ecosistemas forestales no puedan desarrollarse como verdaderas formaciones boscosas.

En relación a esto, el bosque de caldén más antiguo, estudiado en este trabajo, muestra un rango de fuego que permite el desarrollo de un bosque, hasta el año 1990. A partir de esta fecha el IMF aumenta de tal manera que ocasiona cambios a nivel fisonómico llevando a que se desarrollen directamente leñosas de porte arbustivo. El Bosque de Renuevos está completamente afectado por el fuego desde sus orígenes, y lo único que potencialmente se espera a lo largo del tiempo es la formación de un fachinal. Como se mencionó anteriormente, se desconocen las causas del aumento de la frecuencia de los fuegos en estos últimos 20 años (y de todos los fuegos fechados), pero se estima que podría deberse al uso que se le está dando al bosque en relación a prácticas ganaderas o de cultivos, y esto hace que se cambie por completo la composición y la estructura de estos ecosistemas boscosos xerófilos.

#### 4.3. Patrones de Crecimiento

Estos resultados demuestran estadísticamente las limitaciones en el crecimiento de las poblaciones de rebrotes post-fuego de *Prosopis caldenia*. Esto se puede deber a dos factores principalmente: la competencia inter e intraespecífica (Villalba *et al.* 2000), y a las pérdidas de crecimiento en los árboles más grandes, que no mueren, pero rebrotan, por quemaduras locales y cicatrizaciones o por el efecto de la longevidad (Cook 1985).

Con respecto a las diferencias significativas encontradas en los crecimientos radiales medios, quedó 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. 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). Estudios previos determinaron valores de crecimiento radial medio anual para un período de 60-65 años de 2,7 y 4 mm para bosques de caldenes en las provincias de San Luis y La Pampa (Peinetti *et al.* 1994; Dussart *et al.* 1998; Bogino y Villalba 2008). Estos resultados coinciden con los valores de los individuos de la primera cohorte para ambas situaciones de estudio lo que demuestra nuevamente que la productividad potencial de los bosques, está dado por las condiciones edáficas y el clima local pero fundamentalmente por las densidades iniciales (Perpiñal *et al.* 1995; Dussart *et al.* 1998).

En cuanto a los molles que pertenecen al Bosque Maduro, el crecimiento medio radial varió entre los 0,8 mm y 2,5 mm, para un período de 22 años. Como no hay referencias sobre estudios de crecimiento para esta especie, no se pudo comparar con otros

trabajos. Por lo tanto, los resultados hallados en este estudio son los primeros, basados en técnicas dendrocronológicas, que podrían contribuir a explicar la dinámica de esta especie.

#### *4.4. Crecimiento radial acumulado*

Los datos de patrones de incremento radial son muy útiles en la interpretación del desarrollo del rodal. Las variaciones abruptas que se dan en el crecimiento radial de los árboles sirven para identificar eventos discretos de disturbios, y su a vez indica si los árboles crecieron inicialmente en condiciones de dosel abierto o cerrado (Kitzberger *et al.* 2000). Al momento de comparar los resultados, se deduce que para el Bosque Maduro las cohortes dentro de los primeros 20 años presentaron crecimientos similares, pero ya a la edad de 30 años, para cada una, se distingue una variación notable en cuanto a este crecimiento. La cohorte de 1890 muestra mayor desarrollo que la cohorte de 1920, acercándose a valores de 100 mm y 80 mm respectivamente. Próximos a la edad de 50 años la diferencia de crecimiento es más notable aún. Se estimó que la cohorte de 1890 alcanzó un valor de 150 mm, mientras que la cohorte de 1920 apenas alcanzó los 115 mm. Esto, probablemente, se debió a dos causas fundamentalmente: una, al efecto que ocasionó la competencia entre los individuos de la misma especie, pero de diferentes edades, los renuevos quedaron relegados a la sombra y por otro lado, el efecto del fuego también tendría incidencia en cuanto al crecimiento de los ejemplares. Se supone que aquellos individuos con una corteza más desarrollada sufrieron menos y crecieron más que aquellos individuos que apenas estaban comenzando a crecer.

En cuanto al Bosque de Renuevos, la diferencia entre los crecimientos acumulados para cada cohorte se evidencia muy recientemente, apenas ocurridos los 15 años de edad para cada una. Los ejemplares de 1960 experimentaron un crecimiento mucho mayor en comparación con los individuos de 1980, mostrando valores de 100 mm y 60 mm respectivamente para los 30 años de edad. En este sitio solo se pudo determinar el crecimiento radial acumulado hasta los 46 años de edad para la cohorte de 1960 y hasta los 35 años de edad para la cohorte de 1980. Los valores de crecimiento calculados hasta el último año para cada cohorte, fue de 140 mm y 70 mm respectivamente. La causa principal de esta abrupta diferencia de crecimiento se debió al efecto que tuvo el fuego sobre los caldenes, dado que no podemos atribuir el desarrollo del crecimiento radial a la competencia porque el sitio es un bosque abierto.

De modo general, si comparamos los crecimientos acumulados de las cohortes mayores en relación a los distintos tipos fisonómicos de bosques, se desprende que tanto la

cohorte de 1890 (del Bosque Maduro) como la cohorte de 1960 (del Bosque de Renuevos) llegan casi al mismo valor de crecimiento acumulado en igual tiempo. Esto se debería principalmente a un escenario común, dado que ambas crecieron en condiciones ambientales similares, sin competencia (pero en distintos tiempos y lugares) y el crecimiento de los individuos fue alterado por el fuego. Por otro lado, podría suponerse que dentro de 20 años el crecimiento acumulado de la cohorte de 1980 (del Renoval) alcanzaría el mismo valor de crecimiento acumulado que la cohorte de 1920 del Bosque Maduro.

A su vez, si hacemos una comparación de estos valores de crecimiento que sólo fueron calculados en un período máximo de 50 años (para la cohorte de 1890 y 1920 del Bosque Maduro y para la cohorte de 1960 para el Bosque de Renuevos) y de 35 años (para la cohorte de 1980 del Renoval), se estima que los caldenes de La Pampa no superarían el crecimiento calculado por Bogino y Villalba (2008) con valores entre 174,9 y 246,09 mm, para un período de 65 años en la provincia de San Luis.

## 5. Conclusiones

Este estudio permitió reconfirmar el potencial de la madera de las especies de *Prosopis* como fuente más confiable para proveer información sobre la historia de disturbios, la dinámica de crecimiento y las estructuras de edades de las poblaciones de las diferentes especies del mismo género que habiten en estos bosques característicos de las regiones áridas y semiáridas de América.

A través de este trabajo se analizó y se describió por primera vez, para la provincia de La Pampa, el impacto del fuego sobre la fisonomía de los rodales de *Prosopis caldenia*. Este sería el factor determinante de las estructuras de edades (desarrollo de bosque/arbustales coetáneos) y la dinámica de crecimiento (aumenta la densidad de árboles y por ende la competencia entre ellos, favoreciendo a unas cohortes más que a otras) en estos ecosistemas.

Además, este estudio suma una nueva cronología a las ya existentes para *P. caldenia*, tanto en la provincia de La Pampa como en San Luis, con el fin de aportar a la red de cronologías de esta especie. También, este trabajo de tesina, agregó la primer cronología de la especie *Schinus fasciculatus* en la provincia de La Pampa.

Finalmente, estos resultados permiten sugerir la necesidad de desarrollar nuevas líneas de investigación para determinar cuáles han sido los factores asociados a la ocurrencia de estos incendios en la zona, como así también la influencia de las variables

“Impacto del fuego en la fisonomía de los rodales de *Prosopis caldenia* en la provincia de La Pampa”.

climáticas en relación al crecimiento de esta especie leñosa. También sería necesario complementar estos estudios con el análisis de la estacionalidad de los fuegos.

## 6. Referencias

- Aguerre, A.; 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.
- Archibold, OW. 1995. Ecology of World vegetation. Ed. Chapman & Hall.
- Bogino, SM. 2005. Crecimiento radial, turno biológico de corta y potencial dendroclimático del caldén (*Prosopis caldenia* Burkart), en la provincia de San Luis, Argentina. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Bogino, SM.; R. Villalba. 2008. Radial growth and biological rotation age of *Prosopis caldenia* Burkart in Central Argentina. Journal of Arid Environments 72: 16-23.
- Bogino, SM.; E. Jobbagy. 2011. Climate and groundwater effects on the establishment, growth and death of *Prosopis caldenia* trees in the pampas (Argentina). Forest Ecology and Management 262: 1766-1774.
- Boó, RM. 1990. Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. Revista de la Facultad de Agronomía, La Pampa Argentina 5: 63-80.
- Boó, RM.; DV. Peláez; SC. Bunting; MD. Mayor; OR. Elía. 1997. Effect of fire on woody species in central semi-arid Argentina. Journal of Arid Environments 35: 87-94.
- Braun, RH.; SA. Lamberto. 1976. Modificaciones producidas por incendios en la integración de los componentes leñosos de un monte natural. Revista de Investigación Agropecuaria 11 (2): 11-27.
- Bravo, S.; AM. Gimenez; JG. Moglia. 2001. Efectos del fuego en la madera de *Prosopis alba* (Griseb.) y *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, Mimosaceae. Bosque 22 (1): 51-63.
- Brown, PM.; TW. Swetnam. 1993. A cross-dated fire history from coast redwood national park, California. Canadian Journal of Forest Research. 24: 21-31.
- Brown, PM.; C. Hull Sieg. 1996. Fire history in interior Ponderosa Pine communities of the Black Hill, South Dakota, USA. International Journal of Wildland Fire. 6 (3): 97-105.
- Cabrera, AL. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. Revista del Museo La Plata 8: 87-168.
- Cabrera, AL.; A. Willink. 1980. Biogeografía de America Latina. Serie de Biología, Monografía N°13. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington DC, EE.UU.

- Cano, E. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. Universidad Nacional de La Pampa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Cano, E.; HD. Estelrich; H. Holgado. 1985. Acción del fuego en los estratos gramíneos y arbustivos de un bosque de caldén. Revista de la Facultad de Agronomía, La Pampa Argentina 1: 81-96.
- Catalán, L. 2000. Crecimiento leñoso de *Prosopis flexuosa* DC en una sucesión post-agrícola 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.
- De Fina, AL.; AC. Revelo. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. EUDEBA. pp. 59-80.
- Dieterich, JH.; TW. Swetnam. 1984. Dendrochronology of a fire-scarred Ponderosa Pine. Forest Science 30: 238-247.
- Dirección General de Estadísticas y Censo. Ministerio de la Producción, Gobierno de la provincia de La Pampa. [http://www.estadisticalapampa.gov.ar/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=52&Itemid=74](http://www.estadisticalapampa.gov.ar/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=52&Itemid=74) Consultada el 11 de diciembre de 2012.
- Dussart, E.; R. Peinetti; JA. Boninsegna. 1997. Análisis del crecimiento de *Prosopis caldenia* (L) Burk., en relación con parámetros ambientales y fuego. Actas de la XVIII Reunión Argentina de Ecología. Buenos Aires.
- Dussart, E.; P. Lerner; R. Peinetti. 1998. Long term dynamics of 2 populations of *Prosopis caldenia* Burkart. Journal of Range Management 51 (6): 685-691.
- Dussart, E.; CC. Chirino; EA. Morici; RH. Peinetti. 2011. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. Quebracho 19 (2):54-65.
- Fritts, HC. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, New York.
- 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.
- Grissino-Mayer, HD. 1995. Tree-ring reconstructions of climate and fire history at Malpais National Monument, New Mexico. Dissertation, University of Arizona, Tucson, USA.
- Grissino-Mayer, HD. 2001. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program Cofecha. Tree-Ring Research, 57 (2): 205-221.
- Gorondi, AZ. 1990. La reintroducción del fuego en el ecosistema bosque de caldén. Revista de la Facultad de Agronomía, La Pampa Argentina 5: 149-154.



- 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.
- Holmes, RL. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-75.
- Kimmins, JP. 2004. *Forest Ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics forestry*. Upper Saddle River. Prentice Hall, New Jersey.
- Kitzberger, T.; TT. Veblen; R. Villalba. 2000. Métodos dendrocronológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. *In Dendrocronología en América Latina*. F. A. Roig (compilador), EDIUNC, Mendoza, Argentina. pp. 17-78
- Krebs, C.; G. Fisher. 1931. El pluviómetro secular. Circular de la Secretaría de Propaganda e Información del Ministerio de Agricultura de Buenos Aires 847: 1-24.
- Lehtonen, H.; P. Huttunen; P. Zetterberg. 1996. Influence of man on forest fire frequency in North Karelia, Finland, as evidenced by fire scars on Scots pines. *Annales Botanici Fennici* 33: 257-263.
- Llorens, EM. 2013. Caracterización y Manejo de los Pastizales del centro de La Pampa. Ministerio de la Producción, Gobierno de La Pampa.
- Medina, AA.; EG. Dussart; HD. Estelrich; EA. Morici. 2000. Reconstrucción de la frecuencia de fuego en un bosque de *Prosopis caldenia* Burkart, de Arizona, sur de la Provincia de San Luis. *Multequina* 9: 91-98.
- Medina, A. 2007. Reconstrucción de los regímenes de fuego en un bosque de *Prosopis caldenia*, Provincia de la Pampa, Argentina. *Bosque* 28: 243-240.
- Medina, A. 2008. Cicatrices de fuego en el leño de *Prosopis caldenia* en Luán Toro, provincia de La Pampa, Argentina. *Bosque* 29 (2): 115-119.
- Neira, EP. 1995. Desarrollo de cronologías para Alerce (*Fitzroya cupressoides*) en las Cordillera de la Costa y de los Andes. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Peinetti, R; E. Dussart; J. Boninsegna. 1994. Análisis dendroecológico preliminar de la tendencia de edad en caldén (*Prosopis caldenia* Burk.). Inc. Proceedings International Meeting of the IAWA. Mar del Plata. Argentina.
- Peña Zubiate, CA.; DL. Anderson; MA. Demmi; JL. Saenz; A. D'hiriart. 1998. Carta de suelos y vegetación de la provincia de San Luis. SAGPyA, INTA y Gobierno de la provincia de San Luis.



“Impacto del fuego en la fisonomía de los rodales de *Prosopis caldenia* en la provincia de La Pampa”.

- Perpiñal, E.; M. Balzarini; L. Catalán; I Pietrarelli y U. Karlin. 1995. Edad de culminación del crecimiento en *Prosopis flexuosa* D.C. en el Chaco Árido argentino. *Investigación Agrarias.: Sisistemas y Recursos Forestales* 4 (1): 45-55.
- SAyDS. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Nacional. Disponible en Red: [http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/informe\\_nacional\\_pinbn.pdf](http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/informe_nacional_pinbn.pdf) Consultada del 10 de noviembre de 2012.
- SAyDS. 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](http://www.drn.lapampa.gov.ar/BosquesyPastizales/FloraNativa/inventario_Forestal_del_Espinal.pdf) Consultada el 30 de noviembre de 2012.
- SAyDS. 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Inventario de campo de la Región del Espinal, Distrito Caldén y Ñandubay. Manual de Campo.
- SAyDS. 2007. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Inventario de campo de la Región del Espinal, Distritos Caldén y Ñandubay. Informe Regional. Espinal.
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic change in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA.
- Sipowicz, AH. 1994. Ecología y manejo del fuego en el ecosistema del caldenal. Estación Experimental Anguil-INTA Anguil, La Pampa, Argentina. Boletín de divulgación técnica N° 51.
- Stokes, M.; T. Smiley. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. USA.
- Tapia, AH.; E. Dussart. 2012. Aportes de la dendrocronología al estudio de la evolución del caldenar pampeano durante la ocupación ranquelina. Congreso de Arqueología de la Región Pampeana Argentina.
- Villalba, R.; PE. Villagra; JA. Boninsegna; MS. Morales; V. Moyano. 2000. Dendrocronología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis* en Argentina. *Multequina* 9(2): 1-18.
- Villalobos, A.; Peláez, D.; Elia, O. 2005. Factors related to establishment of *Prosopis caldenia* Burk. seedlings in central rangelands of Argentina. *Acta Oecológica* 27: 99-106.
- Whelan, RJ. 1995. The Ecology of Fire. Cambridge, University Press.
- Willard, R.; CM. McKell. 1977. Efecto de la quema controlada en árboles y arbustos de monte. Empleo del Fuego para la Conversión del Monte, en la Región Semiárida Pampeana. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Ciencias Agrarias. CAFPTA. Argentina. pp. 34-37.