

Dendroecología en la pampa Argentina: investigaciones actuales, pasadas y futuros desafíos

E. Dussart¹, A. Medina², S. Bogino^{3,*}

(1) Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 Km 334, 6300 Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

(2) Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, San Martín de los Andes, Pajaje de La Paz 235, Neuquén, Argentina.

(3) Departamento de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis, Avenida 25 de Mayo 384, 5730, Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

* Autor de correspondencia: S. Bogino [stellabogino@gmail.com]

> Recibido el 24 de febrero de 2015 - Aceptado el 17 de junio de 2015

Dussart, E., Medina, A., Bogino, S. 2015. Dendroecología en la pampa Argentina: investigaciones actuales, pasadas y futuros desafíos. *Ecosistemas* 24(2): 51-59. Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-2.08.

El paisaje de la pampa es considerado como el más característico de la Argentina, y la cuna de todo su potencial agrícola y ganadero. Si bien se describe comúnmente esta región como una inmensa llanura sin árboles, su sector suroeste semiárido está cubierto por cerca de 25 000 km² de bosques xerófilos nativos, dominados por el caldén (*Prosopis caldenia* Burkart, *Fabaceae*). De hecho, el primer estudio dendrocronológico en Sudamérica se realizó sobre esta especie en 1931, con el objetivo de caracterizar el clima y sus fluctuaciones en esta zona de frontera agrícola recientemente colonizada. Los avatares de la historia de la ciencia nacional respecto a los bosques nativos impidieron proseguir con estas investigaciones hasta la década del noventa, pero esta vez con un bagaje científico y metodológico mucho más elaborado. Más allá de las reconstrucciones climáticas, los estudios modernos se han enfocado en el estudio de la dinámica de estos bosques y el impacto de los disturbios más frecuentes, tales como: fuego, tala, ganadería, anegaciones e inundaciones, que afectan su crecimiento y desarrollo. Los desafíos futuros para el uso de esta técnica de evidente potencial se relacionan con la producción de información relevante para el establecimiento de pautas de manejo de bosques nativos adecuadas a este sector de la pampa argentina.

Palabras clave: crecimiento radial; fuego; *Prosopis caldenia*; dinámica de rodales; semiárido

Dussart, E., Medina, A., Bogino, S. 2015. Dendroecology in the Argentinean pampas: past and present research and future challenges. *Ecosistemas* 24(2): 51-59. Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-2.08.

The pampa is considered as the most characteristic Argentinean landscape and the cradle of its agricultural and cattle breeding potential. This area is commonly described as a huge plain without trees, although its semiarid southwestern borders are covered over 25 000 km² by xerophytes woodlands dominated by caldén (*Prosopis caldenia* Burkart, *Fabaceae*). Indeed, the first dendrochronological study in South America was made on this specie in 1931, in the attempt to characterize the climate in this by then recent agricultural frontier. The hazards of the Argentine forest science history made it impossible to continue with these investigations until the 1990s, with much more appropriate scientific and methodological tools. Besides climate reconstruction, the modern insights focused on the dynamics of these forests and the impact of the main disturbances as fire, logging, cattle breeding, water table increase and flooding on their growth and development. Future challenges for this useful technique are linked to the elaboration of proper forest management practices in this area of the Argentinean pampas.

Key words: radial growth; fire; *Prosopis caldenia*; stand dynamic; semiarid

Introducción – La Pampa Argentina: un área con bosques nativos

El vocablo pampa designa, según el diccionario de la Real Academia Española, RAE, a los extensos llanos sin vegetación arbórea de la América Meridional. En la Argentina, la región reconocida con este nombre se sitúa entre los 28 y los 40° Sur y los 68 y 57° Oeste, sobre un área de alrededor de 520 000 km². El término no es originario de la misma, ya que proviene del idioma quechua, propio de la cultura incaica más norteña. La palabra pampa (o bamba) significa llanura, y en especial llanura entre montañas (Torero 2002).

Fueron los españoles y criollos que se desplazaron en el siglo XVI desde la región andina del Alto Perú quienes llamaron así a la actual pampa húmeda cercana al Río de La Plata. Ésta era una am-

plísima estepa herbácea, de temperaturas benignas, con lluvias repartidas en forma relativamente regular a lo largo del año (600-1000 mm anuales decreciendo gradualmente hacia el oeste), suelos arcillosos profundos con alto contenido de materia orgánica, sin árboles ni grandes poblaciones de herbívoros (Hall et al. 1992).

El hito fundamental de su colonización fue la introducción de bovinos, equinos y ovinos hispánicos seguida de su explosiva multiplicación y espontánea expansión al interior de las tierras (Brailovsky y Fogelman 1991). De esta forma, se inició la ganadería argentina, como sello distintivo nacional vinculada a la fertilidad natural de las llanuras pampeanas. Las características ecológicas de esta área motivaron el desarrollo de las principales actividades agropecuarias del país. En las últimas tres décadas, en particular, la propagación del cultivo de soja proporcionó un

nuevo impulso al avance de la frontera agrícola sobre los territorios ganaderos. Éstos se han desplazado y concentrado en las zonas menos productivas del país, en particular en la denominada pampa seca al oeste de estas llanuras. Como su nombre lo indica, esta parte se diferencia por su clima semiárido, con menos de 600 mm de precipitaciones anuales. Otra diferencia fundamental es la presencia de bosques nativos xerofíticos, que se localizan en el borde oriental de este territorio ganadero y contra el límite occidental de la actual frontera agrícola (Grau et al. 2005, Viglizzo y Frank 2006).

Este es el territorio de los caldenales, las florestas nativas dominadas en forma casi monoespecífica por el caldén (*Prosopis caldenia* Burkart, *Fabaceae*) sobre una superficie aproximada de 25 000 km² en las provincias de San Luis, La Pampa, Buenos Aires y Córdoba (Fig. 1a) (SAyDS 2006). Esta vegetación autóctona ha sido muy influenciada por su historia de uso, iniciada con la ganadería ranquelina (pueblos originarios) en épocas coloniales. Le siguió un intenso proceso de deforestación a fines del siglo XIX, con el propósito de “limpiar” áreas de tierra con objetivos agropecuarios para la producción de lana ovina (Fig. 1b). También se establecieron colonias agrícolas con chacareros de origen europeo, para realizar cultivos de secano en las zonas de planicie con suelos livianos (Brailovsky y Fogelman 1991). A partir de los años cuarenta, la crisis del modelo agroexportador nacional generó un importante éxodo rural y el reemplazo de la ganadería ovina masiva por la cría extensiva de bovinos, los cuales dispersan, y muy efectivamente, los propágulos del género *Prosopis*. Esto se tradujo en el paisaje con la aparición, o reaparición, de formaciones boscosas nativas progresivamente cerradas en toda el área originalmente ocupada por estos bosques (Fig. 1c) (Viglizzo y Frank 2006). Estas leñosas empezaron por lo tanto a competir con las herbáceas, induciendo a los productores a usar en forma creciente las quemadas de control en un ambiente cada vez más conductivo a las llamas. Estas razones han determinado un intenso régimen de fuegos en este paisaje, en particular en las últimas dos décadas, con un 40% de su superficie actual severamente dañada por incendios (Fig. 1d) (SAyDS 2006; Vázquez et al. 2015).

Este esquema de interacciones se refleja en los numerosos bosques nativos dominados por el género *Prosopis* (algarrobos, mezquites y caldenes) que caracterizan las zonas ganaderas marginales de las regiones áridas o semiáridas del continente americano (Pasiiecznick et al. 2015). Algunos investigadores ven su dispersión por el ganado bovino o por la fauna silvestre, como el detonador de sus fases iniciales de sucesión secundaria. Para esta escuela de pensamiento, en ausencia de disturbios, este proceso natural se dirige al establecimiento de formaciones maduras boscosas estabilizadas, incluso con aumentos notables de la biodiversidad (Archer 1995; Chinnimanni 1998). Otros investigadores proponen que las especies del género *Prosopis* son simples invasoras, equivalentes a las malezas con ventajas competitivas sobre las especies nativas, especialmente las forrajeras, los pastizales o las sabanas naturales en los cuales se implantan. Esto valida su erradicación o control por distintos medios: biológicos, químicos, mecánicos y/o el fuego, siendo éste último el método, generalmente, más económico (Jacoby y Ansley 1991; Shackleton et al. 2014).

Los estudios dendroecológicos son particularmente útiles para examinar los efectos de los disturbios y la dinámica temporal de los bosques nativos si se comparan con el costo y las dificultades de ejecución de programas de monitoreo de largo plazo (Jardel et al. 2011). Por otro lado, su efectividad está bien establecida para los bosques templados de América del Sur (Kitzberger et al. 2000). El objetivo de este trabajo es: a) formalizar una revisión del uso de los estudios dendroecológicos en el caldenal y por lo tanto de la Pampa Argentina, b) relacionar esos estudios con la evolución del pensamiento científico y del contexto socio-económico de estos bosques en el período que abarcan las cronologías disponibles y c) proyectar los futuros desafíos de estos estudios en relación al manejo y la conservación de estos ecosistemas.

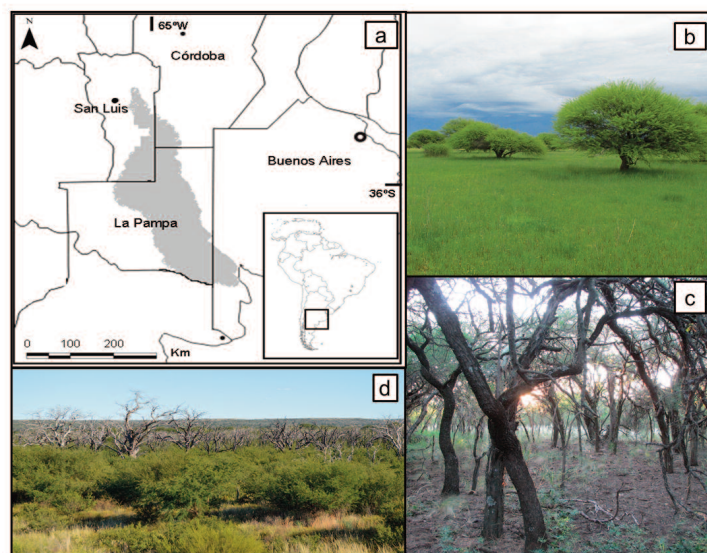


Figura 1. (a) Bosques de *Prosopis caldenia* en la Pampa Argentina. Área de distribución (b). Bosque abierto (c). Bosque cerrado (d) y bosque quemado.

Figure 1. (a) Woodlands of *Prosopis caldenia* in the Argentinean pampas. Natural distribution area (b). Closed woodlands (c). Open woodlands (d) and burned woodlands.

Esta revisión comienza con el estudio pionero de Krebs y Ficher (1931) donde un evento climático catastrófico los motivó a comparar el crecimiento del caldén con las variables climáticas, hasta los estudios más recientes que abordan la dinámica de crecimiento y las tasas de regeneración para su aplicación en la elaboración de planes de manejo (Dussart et al 1998; Bogino y Villalba 2008; Amieva-García et al. 2013), el análisis del fuego el disturbio más significativo de esta área, a través de la estimación de su frecuencia y su efecto sobre las tasas de crecimiento (Medina 2007; 2008); la asociación sinérgica entre la tasa de regeneración, los fuegos y la presencia de ganado vacuno y ovino (Dussart et al 1998; Bogino et al. 2015), la asociación del crecimiento con disturbios de baja frecuencia como, por ejemplo, el incremento de la napa freática y la respuesta poblacional o individual del crecimiento al clima (Bogino y Jobbágy 2011; Jové-Alcalde 2014) y la reconstrucción del paisaje histórico que permitió suponer que los bosques de la zona más seca de la pampa argentina no tendrían la fisonomía tipo sabana que normalmente se les atribuye (Dussart et al. 2011).

Los estudios dendrocronológicos pioneros: el pluviómetro secular

La supuesta carestía de árboles en la pampa aportó un dato curioso a la Dendrocronología del Hemisferio Sur. En el año 1931 dos agrónomos, Krebs y Fisher publicaron un trabajo basado en el análisis de los anchos de anillos de crecimiento del caldén realizado en el centro de Argentina (Krebs y Fischer, 1931). De acuerdo con esta fecha, éste constituyó el primer estudio dendrocronológico en Sudamérica (Bogino 2014). Krebs y Fisher eran agrónomos del ferrocarril Oeste que circulaba por ese entonces en el área del caldenal. Ésta era una zona de campos de ganadería ovina con pocos árboles, pero de porte notable, que alternaban con parcelas agrícolas trabajadas por colonos arrendatarios en pequeñas chacras (Colombato 1995).

En el año 1929, una sequía marcada provocó la pérdida casi total de los cultivos, la muerte del ganado y el abandono masivo de las tierras, esta emergencia socio-ecológica, conocida como “La Gran Penuria Agrícola”, llamó la atención de estos agrónomos quienes trataron de establecer alguna relación entre las lluvias y el ancho de los anillos de crecimiento de caldén. Su objetivo fue el de caracterizar la variabilidad del clima, y de alguna manera, pronosticar los riesgos para las actividades agropecuarias en esta zona de colonización reciente (Bogino 2014).

El potencial dendrocronológico del caldén se confirmó más tarde, y proviene básicamente de las características anatómicas de su leño, junto con su longevidad de hasta 300 años (Castro 1994; Villalba et al. 2000). La presencia de parénquima axial terminal y su porosidad circular a semicircular determinan la clara demarcación de sus anillos de crecimiento. Éstos presentan vasos de xilema mayores y más abundantes al comienzo del período de crecimiento anual (leño de primavera o temprano) seguido de vasos menores y menos abundantes, rodeados de tejido fibroso y de parénquima a medida que transcurre la estación de crecimiento (leño de verano o tardío) (Fig. 2) (Castro 1994). Krebs y Fisher encontraron anillos angostos en el período 1829-1832 que coinciden con las sequías relatadas por Darwin (Bogino 2014). Fischer fue un fitotecnista que estudiaba cultivos anuales, pero un previo viaje a los Estados Unidos le permitió profundizar sus conocimientos sobre métodos estadísticos y conocer el trabajo de Andrew Ellicott Douglass, quien es considerado el padre de la Dendrocronología actual (Speer 2010). Estos agrónomos midieron con regla y papel milimetrado los anillos de crecimiento de un ejemplar de caldén para luego compararlos con las precipitaciones anuales del lugar. La correlación de Pearson entre ambas variables fue de 0.41. Ésta sería hoy reconocida como aceptable en Dendrocronología, pero se desestimó entonces en función de los criterios estadísticos generales de la época (Bogino 2014).

Esta investigación pionera fue publicada en castellano, en el año 1931, en un documento del Ministerio de Agricultura de la República Argentina con el nombre de "El pluviómetro secular" (Krebs y Fischer, 1931). Muchos años después, este trabajo fue mencionado por Arturo Burkart (1976) en su monografía sobre el género *Prosopis*, resaltando el potencial del caldén para esta clase de estudios.

Los estudios recientes: El paso a la Dendroecología

La Dendrocronología actual se inició en la Argentina y en América del Sur a partir de la fundación del laboratorio de Dendrocronología del IANIGLA (Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales) del CRICYT (Centro Regional de Investigación de Ciencias y Técnicas) en la ciudad de Mendoza, en el año 1979 (IANIGLA 2002). Una de las razones principales de esta iniciativa fue estudiar los ciclos climáticos -en el más largo plazo de tiempo posible- relacionados con la dinámica de recarga del agua de origen nivoglacial en la Cordillera de los Andes. Ésta depende directamente de la actividad del anticiclón del Pacífico Sur, el cual genera los vientos que por efecto orográfico descargan las precipitaciones nivas en las altas cumbres durante el invierno austral. Estas corrientes de aire prosiguen después hacia las pampas del lado argentino como brisas cálidas y secas. Las motivaciones mencionadas se debían a la alarma generada a fines de la década del sesenta en la región mendocina, esencialmente vinícola y frutícola, por una crisis productiva provocada por la escasez del agua de riego proveniente del deshielo de los Andes centrales. Más allá de esta circunstancia local, esta problemática era y es de importancia crucial para gran parte del país, ya que casi toda su hidrografía, salvo la cuenca del Plata, depende de estas fuentes (INCyTH 1991).

En una primera etapa, los trabajos se concentraron en la reconstrucción de series climáticas largas de montaña, aprovechando la presencia de especies muy longevas y de anillos de crecimiento radial bien demarcados, tales como el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic.Serm. y Bizzarri), el pehuén (*Araucaria araucana* (Molina) K. Koch) y el alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnst.) de los Andes patagónicos (IANIGLA 2002). En la década de los ochenta, varios investigadores de este centro plantearon la necesidad de ampliar estas indagaciones aguas abajo, en las áreas de descarga de los cursos de agua. Éstas incluyeron la denominada diagonal árida, es decir la zona de llanos situados próximos a la cordillera y a sotavento de las lluvias orográficas, la pampa seca más hacia el este y el extremo sur la Patagonia. En todas estas zonas, como para el resto de la América árida y semiárida, las únicas leñosas que logran prosperar como árboles son las especies del género *Prosopis* (Pasiiecznik et al. 2001).

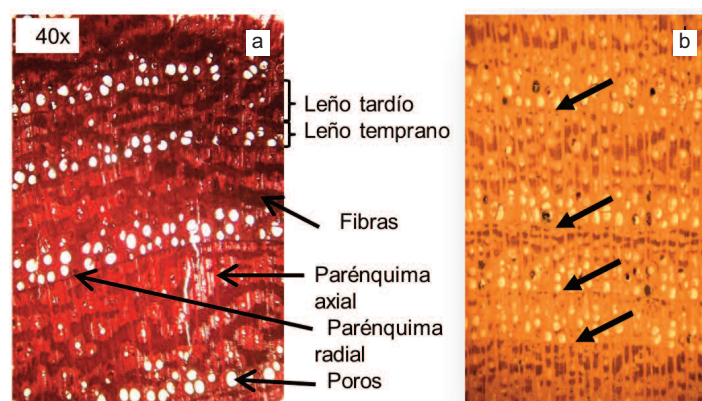


Figura 2. (a) Preparado anatómico de un corte transversal del leño de *Prosopis caldenia* (40X), (b) muestra usada en estudios dendroecológicos con demarcación de los anillos de crecimiento (flechas negras).

Figure 2. (a) Anatomical sample of a transversal section of *Prosopis caldenia* wood (40X), (b) and sample used in dendroecological studies showing tree rings (black arrows).

Por este motivo, en esa década se publicaron los primeros estudios sobre el algarrobo (*Prosopis flexuosa* D.C.) (Villalba 1985; Villalba y Boninsegna 1989), que es la esencia arbórea más frecuente y distribuida en la diagonal árida del país. En esta zona, las escasas lluvias ocurren en primavera y otoño, luego de cruzar todo el continente desde el océano Atlántico. El clima general de esta unidad está caracterizado por la escasa variación de temperatura de norte a sur y por la aridez con precipitaciones que no superan los 200 mm anuales. La vegetación dominante es una estepa arbustiva xerófila y halófila, salvo en las áreas de napa freática poco profunda, donde aparecen los bosques de algarrobo (Bruniard 1982).

Las primeras investigaciones se dirigieron a establecer la aptitud de estos *Prosopis* para estudios dendrocronológicos, con vistas a las eventuales correlaciones entre su crecimiento radial y los parámetros climáticos. Sin embargo, estos algarrobales nativos han sido muy alterados por sus historias de manejo, con episodios de extracción forestal, y una fuerte presión de pastoreo y uso del fuego (Villagra et al. 2009). Por lo tanto, con el progresar de los resultados y de las ideas se reconoció la importancia de separar la influencia del clima del efecto de los disturbios naturales y antrópicos sobre el crecimiento de estos árboles y el desarrollo de sus poblaciones.

De este modo se pasa de un enfoque esencialmente dendroclimático a la integración de herramientas conceptuales vinculadas con la ecología de bosques, es decir a la Dendroecología (Kitzberger et al. 2000; Villagra et al. 2005). Paralelamente, las investigaciones dirigidas a la preservación y la protección del ambiente empezaron a ocupar un lugar muy importante en el CRICYT (IANIGLA 2002). Además, los estudios se ampliaron a otras especies del género *Prosopis* en las zonas áridas y semiáridas del país (Roig 2000). Es en este contexto, a partir de los años noventa, que se retomaron las investigaciones modernas sobre *P. caldenia* en la pampa seca.

Paisaje del Siglo XX: Dendroecología y dinámica poblacional

En la década del noventa, el caldenal ya estaba dominado por renovales cerrados y bajos, es decir, formaciones boscosas secundarias degradadas muy densas y susceptibles al fuego (Dussart et al. 1998). Esta situación indeseable desde el punto de vista ambiental, también lo era para la realidad socioeconómica regional: en esos años se produjeron numerosos remates de campos y el consiguiente abandono de la cría bovina. Paradójicamente, esto sucedió en un período de altas precipitaciones y en coincidencia con un nuevo avance de la frontera agrícola, ligada al auge del cultivo industrial de la soja, desde la pampa húmeda hacia el norte y el oeste del país (Morris y Ubici 1996).

Por otro lado, la realidad científica de la época estaba marcada por la ausencia de estudios forestales en el caldenal desde los años treinta, en forma contemporánea al trabajo de Krebs y Fischer. En ese momento se realizaron las primeras, y prácticamente únicas descripciones silvícolas para estos bosques nativos. Esto provino de una iniciativa de la recién creada Sección Técnica de Bosques del Ministerio de Agricultura de la Nación, que contrató especialistas europeos a tal efecto. Estos profesionales describieron un paisaje dominado por formaciones de tipo sabana, con árboles de gran porte dispersos entre pastizales y sin regeneración (Koutché y Carmelich 1936).

Sus trabajos se realizaron en medio de una grave crisis social y económica rural y nacional en un país agroexportador ligada al derrumbe de la Bolsa de Nueva York en 1929. En el ámbito rural, esta situación, agravada por un periodo de sequías prolongado, se tradujo en el masivo éxodo de los chacareros locales después de numerosos conflictos agrarios (Viglizzo y Frank 2006). En esa época además se produjeron los primeros golpes de estado militares en el país, generando serias dificultades para las actividades académicas (Schavelzon 2008).

Recién en los años setenta, se realizó un inventario de la vegetación de la provincia de La Pampa por encargo del gobierno de la provincia homónima y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Cano et al. 1980). Con el paso del tiempo, se había ido generalizando entre investigadores sudamericanos la visión del monte de tipo sabana como la comunidad no intervenida y climática del caldenal, bajo la influencia de la teoría sucesional clásica de Clements (Veblen et al. 2004). Ésta consideraba la ocurrencia y efecto de los disturbios como algo menor o poco relevante (Oliver y Larson 1996). Además, los responsables de este inventario estaban particularmente influenciados por la escuela de Zúrich-Montpellier establecida por Braun-Blanquet, con sus métodos de clasificación fitosociológica. Por lo tanto, las distintas formas de caldenales encontradas fueron reseñadas con un alto nivel de precisión, pero simplemente relacionadas con su topografía, tipos de suelos y condiciones climáticas. Si bien se registró claramente la presencia masiva de bosques secundarios en vez de sabanas, no se analizaron las relaciones entre los cambios progresivos del paisaje y su historia de manejo o disturbios (Cano et al. 1980). Recién dos décadas después se elucidaría el rol de estos factores, en el marco del reemplazo del paradigma de equilibrio ecológico de Clements por el de no-equilibrio de Pickett entre las nuevas generaciones de investigadores sudamericanos (González et al. 2014).

Los trabajos iniciales sobre series de anchos de anillos en *P. caldenia* se realizaron en colaboración entre profesionales del IANIGLA y de la Universidad Nacional de La Pampa. El objetivo inicial fue el de definir las características generales de su crecimiento radial en diversos sitios del caldenal (Peinetti et al. 1994; Dussart et al. 1997) a fin de poder distinguir posteriormente el impacto de las fluctuaciones climáticas interanuales.

Estas investigaciones preliminares revelaron el enorme impacto de los disturbios de origen natural o antrópico sobre las cronologías de anchos de anillos. Estas observaciones, junto con el desconocimiento total acerca de los factores que venían afectando la dinámica de los caldenales, llevaron a la necesidad de reconstruir y entender la historia de estas formaciones evidentemente alteradas.

Con este objetivo, se fueron aplicando los métodos dendroecológicos clásicos para el fechado y la caracterización de los regímenes de disturbio del pasado. Éstos se pueden basar en (1) los efectos demográficos de los mismos sobre sus dinámicas poblacionales, así como en (2) los efectos fisiológicos sobre los patrones de crecimiento de individuos sobrevivientes a los mismos. Estos estudios siempre se acompañan con una caracterización ambiental precisa de los sitios de estudio y se cotejan con la mayor información histórica disponible (Kitzberger et al. 2000). En el caldenal, se pudieron aprovechar registros de topógrafos de la zona a finales del siglo XIX y fotografías aéreas de los años sesenta. Además se recabó la mayor información histórica y arqueológica disponible, incluyendo, en todos los casos posibles, testimonios de pobladores antiguos de cada región (Dussart et al. 2011).

Un primer estudio de tipo demográfico permitió demostrar y cuantificar la influencia directa del ganado vacuno, reintroducido a partir de la década del cuarenta, sobre la expansión y el desarrollo de las formaciones secundarias de *P. caldenia* (Dussart et al. 1998). El estudio se basó en el censo de las edades de dos poblaciones representativas. El primer sitio correspondía originalmente en un pastizal de planicie invadido por leñosas. El otro correspondía a un caso de sabana devenida en monte cerrado. En ambos sitios se pasó de situaciones prediales prácticamente sin árboles, 0-50 individuo.ha⁻¹, para la primera mitad del siglo XX, a densidades de 500-1000 individuo.ha⁻¹ para el año 1996, incluyendo los caldenes adultos y su regeneración. Ambas poblaciones forestales se desarrollaron a partir de la introducción de los bovinos con tasas de regeneración progresivas de 10-50 individuo.ha⁻¹.año⁻¹. En el sitio de planicie los caldenes fueron diseminados por el traslado del ganado desde un predio arbolado vecino. En la sabana con pocos árboles, éstos actuaron de semilleros. Por otra parte, los dos sitios habían sufrido un incendio, en 1964 y 1981, respectivamente, y en ambos casos se verificaba un muy importante pulso de regeneración instalada inmediatamente después de estos eventos, en forma de rebrotes multicaules post-fuego. Estos resultados además comprobaron la ausencia de la influencia del clima sobre las dinámicas de dispersión y tasas de propagación de los caldenales (Dussart et al. 1998).

Paisaje del siglo XIX: Dendroecología y Arqueología Histórica

Las incógnitas acerca del estado del caldenal original se han dilucidado muy recientemente, junto con el desarrollo creciente de actividades interdisciplinarias entre investigadores de la Dendrocronología y la Arqueología Histórica en el caldenal. Hasta fines del siglo XX se aceptaba, sin mayores discusiones, una fisonomía de tipo sabana para el caldenal prístino y una ocupación secular indígena sin impacto para este ecosistema (Dussart et al. 2011). De hecho, en las publicaciones del Inventario Nacional de Bosques Nativos realizado a principios del presente siglo se presentó a estas sociedades como nómades cazadores-recolectores (SAyDS 2006). También se solía concebir, en forma extraoficial, a los grupos ranquelinos que ocupaban estos espacios al momento de su anexión por el ejército argentino o “Campaña del Desierto” en 1879 como bandas originarias de Chile, cuya mayor actividad consistía en el “cuatrerismo fugaz” de ganado en la pampa húmeda y el traslado de los animales a ese país a través de los diferentes pasos transcordilleranos (Carreño 2004). Esta situación habría sido seguida por una colonización sin mayores incidentes para los años inmediatamente posteriores a las campañas militares de 1879. Según esta versión clásica y muy simplificada de la historia del caldenal, los bosques se habrían comenzado a degradar a partir de dos periodos de desmontes masivos conocidos como las “Dos Grandes Hachadas”, coincidentes con las dos guerras mundiales del siglo XX (SAyDS 2006).

Ambos postulados eran forzosamente confusos, tanto por sus contradicciones intrínsecas, como por la ausencia de investigaciones rigurosas al respecto. Esta escasez de trabajos estuvo muy probablemente asociada al etnocentrismo y al impacto de décadas de gobiernos de facto en el país entre 1930 y 1982 sobre las actividades académicas. Sin embargo, las ideas iban a evolucionar y entre los años 1980-90, se empezó a revalorizar la investigación del pasado cercano (Alonso 2007; Brienza 2008).

Más allá de los debates ideológicos de sus antecesores, los nuevos historiadores buscaron mejorar su disciplina basándose en datos objetivos y pruebas materiales. De este modo, se desarrollaron especialidades como la Historiografía Económica y la Arqueología Histórica. Con estos enfoques, se pudo ir demostrando que las sociedades ranquelinas fueron grupos con una clara organización sociopolítica, y que sus actividades ganaderas tuvieron un fuerte impacto económico en todo el sur de Chile y el centro de la Argentina en los siglos XVIII y XIX (Carreño 2004; Tapia 2005). Por esos años además, se empezó a cuestionar el mito de la inocuidad de las poblaciones originarias sobre los ecosistemas que ocuparon en todo el continente americano (Denevan 1992).

Otra debilidad evidente de los postulados clásicos residía en la fundamentación de dos periodos de extracción forestal masiva en un paisaje de sabana. Las nuevas generaciones de académicos locales refutaron, también con pruebas documentales, este frágil supuesto. Para ello se basaron en el análisis riguroso de los informes estatales y registros comerciales de la época. Éstos certificaron que las masas forestales pampeanas se desmontaron efectivamente en forma masiva, y a partir de grandes extensiones boscosas, pero que esas operaciones se llevaron a cabo inmediatamente después de 1879 ante la premura de abrir el territorio al aprovechamiento agropecuario masivo (Fig. 3ac) (Garbarino 2008). Los campos se dejaban “limpios”, salvando ejemplares de caldenes aislados para el reparo del ganado ovino (Fig. 3bc) (Lasalle y Lluch 2000). De esta manera, las estadísticas de las Memorias de los Gobernadores del Territorio Nacional de La Pampa señalan operaciones forestales sobre 14 968.16 km² del caldenal entre los años 1880 y 1935. Éstas coincidieron con la entrada de más de 6 000 000 de cabezas de ganado ovino entre 1879 y 1895 en el Territorio Nacional de La Pampa y la provincia de San Luis, según las Memorias del Ministerio del Interior de la época llevando los pastizales de la pampa seca hacia estados de sobrepastoreo evidente (Fig. 3b) (Garbarino 2008, MiniAgri 2015).

Estos resultados se corresponden con trabajos recientes de Dendroecología realizados en base a los patrones de crecimiento radial de caldenes muy añejos (Dussart et al. 2011). Estos individuos destacan hoy como dominantes muy dispersos, pero de altura notoria (10-15 m), dentro de formaciones secundarias predominantes cuyo dosel raramente supera los 6 m. Se muestrearon grupos de árboles de este tipo caídos por rayos o cortados para abrir caminos, y se compararon sus tasas de crecimiento con la de formaciones secundarias actuales en los mismos sitios. Los resultados mostraron que casi todos los caldenes añejos nacieron durante la época ranquelina (1750-1879) y, en estos casos, sus cronologías mostraban liberaciones durante el periodo de colonización europea de 1880 al 1900 (Dussart et al. 2011). Con el término liberación se entienden aumentos bruscos de crecimiento, debidos a reducciones drásticas de la competencia en bosques cerrados. Éste es un fenómeno común en otros tipos de bosques cuando algún disturbio elimina una cohorte dominante, liberando recursos para los árboles previamente oprimidos, o simplemente si se efectúan raleos entre árboles del mismo porte (Kitzberger et al. 2000). El género *Prosopis* además tiene un comportamiento claramente heliófilo, que lo hace muy sensible a presiones de competencia por la luz (Pasiecznik et al. 2001). Los árboles añejos muestreados oscilaban de tasas de crecimiento anual muy reducidas, de 1.5 mm.año⁻¹ hasta el final de la época ranquelina, a tasas cercanas a los 3 mm.año⁻¹ por varias décadas a partir del final del siglo XIX. Después decrecía su crecimiento nuevamente por razones de edad o por el impacto del fuego. Los incrementos iniciales de estos árboles de gran magnitud hasta fines del siglo XIX eran además similares a los de las formaciones secundarias bajas y cerradas actuales (Dussart et al. 2011).

Se confirmaron así: a) los registros escritos de exploradores de los siglos XVIII y XIX describiendo grandes extensiones de bosques impenetrables en tiempos de la ganadería bovina indígena, b) los desmontes inmediatos después de la llamada Conquista del Desierto, dejando siempre algunos ejemplares dispersos para el reparo del ganado ovino y c) el desarrollo posterior de estos caldenes remanentes, y por lo tanto libres de crecer en un ambiente muy abierto durante la primera mitad del siglo XX.

Actualmente siguen las colaboraciones entre arqueólogos y dendrocronólogos. Éstas se llevan a cabo en proyectos de investigación sobre el uso del fuego y de combustibles por las comunidades aborígenes del caldenal, además del fechado preciso de estructuras de madera de la época ranquelina tales como jagüeles (cercos de madera alrededor de fuentes de agua dulce) y otras remanentes basados en este tipo de metodologías (Tapia y Dussart 2013).

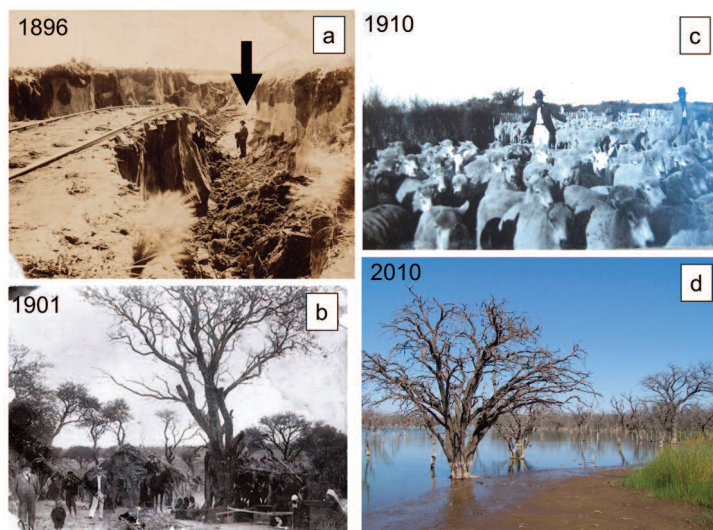


Figura 3. (a) Vías de trenes entre las ciudades de San Luis y Villa Mercedes, cerca del Río Quinto y proceso de erosión hídrica en 1896. Nótese la ausencia de bosques comúnmente descritos como abundantes y densos cerca del Río Quinto y la magnitud de la erosión hídrica si se compara con una persona (flecha negra). (b) Bosque original de *Prosopis caldenia* modificado por cortes e introducción de ovejas en 1901. Nótese que los árboles remanentes no tienen el aspecto característico de los caldenes creciendo a bajas densidades (<http://www.panoramio.com/photo/8222865>). (c) Masiva introducción de ganado ovino en el área de los bosques de caldén que implicó un gran cambio en el uso del suelo. (d) Cambios ambientales actuales en el área de caldén: ascenso de los niveles de las aguas subterráneas (Bogino y Jobbágy 2011).

Figure 3. (a) Railway between San Luis and Villa Mercedes cities, near the V River and hydro erosion in 1896. Note the absence of the woodlands commonly described as abundant and dense near the River V and the magnitude of the erosion process when compared with a man (arrow). (b) Original woodland of *Prosopis caldenia* modified by cutting and by the introduction of sheep in 1901. Note remaining tall trees that did not have the typical aspect of caldén growing in open areas (<http://www.panoramio.com/photo/8222865>). (c) Massive sheep introduction in the original area of caldén woodlands, implying a strong change in land use. (d) Current environmental changes in the area of caldén forests: water table increase (Bogino y Jobbágy 2011).

Dendroecología y patrones de crecimiento: hacia aplicaciones silvícolas

El trabajo mencionado anteriormente (Dussart et al. 2011) reveló una información silvícola fundamental al quedar demostrada la capacidad de liberación de *P. caldenia*, es decir su potencial de reacción positiva a los raleos. Por otro lado, en ese mismo trabajo se encontraron y analizaron casos de individuos dominantes relativamente jóvenes (70-90 años, que vivieron entre 1910 y 2000) reclutados en forma aislada durante el periodo de explotaciones lanares. Estos individuos, sin competencia para crecer desde su instalación, presentaban crecimientos radiales promedio de alrededor de 5 mm.año⁻¹, es decir que duplicaban ampliamente las tasas de crecimiento registradas para los mismos sitios en las poblaciones secundarias cerradas de la actualidad (1-3 mm.año⁻¹). En ausencia de competencia y de disturbios que alteren su desarrollo, estos individuos alcanzaron incrementos radiales máximos de hasta 10 mm anuales en el momento de su plenitud, entre los 30 y los 60 años (Dussart et al. 2011).

Estos datos son muy similares a las tasas de crecimiento encontradas para cuatro sitios ubicados más al norte del área del caldenal en la provincia de San Luis, donde se verificaron valores promedio de crecimiento radial anual de hasta 4 mm, y turnos biológicos de corta establecidos a partir de los 66 años de edad (Bogino y Villalba 2008). El impacto general de la competencia se corroboró en estudios ulteriores del centro y el norte del caldenal

donde los árboles de caldén sin competencia para crecer (en rodales de menos de 100 individuos adultos de más de 10 cm de DAP.ha⁻¹) superaron en un 50% los valores de formaciones densas, con más de 300 individuos adultos de más de 10 cm de DAP.ha⁻¹ (Jové-Alcalde 2014; Vivalda et al. 2014).

Estos resultados deberían ser ampliados en forma más sistemática en el área del caldenal, y referenciados teniendo en cuenta toda la diversidad biofísica de sus sitios ecológicos. Asimismo, estos trabajos deberían incluir más información sobre sus crecimientos en altura y volumen. Existen antecedentes promisorios realizados al respecto sobre varias especies del género *Prosopis* en el norte del país (Chaco semiárido), con técnicas de la epidometría (Imaña y Encinas 2008). No obstante, las cifras obtenidas ya demostraron que *P. caldenia* puede presentar tasas de crecimiento superiores a las de las especies exóticas que se promueven implantar en la zona (álamos, pino carrasco y eucaliptos) (Bogino y Villalba 2008). Éstas además, requieren de riego y fertilizantes para su desarrollo comercial en esta región de clima semiárido y suelos pobres. Este postulado sobre la productividad maderera de las arbóreas nativas implica el monitoreo y control de las densidades forestales, mediante técnicas silvícolas adecuadas y la exclusión del fuego (Lara et al. 2009).

El fuego: un tema de actualidad

Para mediados de los años noventa, al poco tiempo de la reanudación de la Dendrocronología contemporánea de *P. caldenia*, el fuego se instaló como un tema de estudio ineludible. En esa época empezaron a ocurrir, con frecuencia anual, incendios forestales de decenas de miles de hectáreas en la zona del caldenal. Esta situación se conformaba al contexto nacional, con eventos de gran magnitud y una frecuencia inusitada desde la Patagonia hasta el Chaco del noroeste, a tal punto que en 1996 el estado nacional creó El Plan Nacional de Manejo del Fuego. Éste es el organismo público encargado de la lucha contra los incendios en las áreas rurales bajo la dependencia de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (FAO 2001).

En este marco surgieron intensos debates acerca del rol ecológico del fuego para estos bosques nativos bajo manejo ganadero. Por un lado existieron advertencias muy tempranas acerca del impacto de una ganadería bovina que promovía la sustitución de los bosques por formaciones arbustivas a través de quemaduras frecuentes para mantener la oferta forrajera (Lasalle 1966). Por otro lado, se defendía el uso del fuego como factor natural de las zonas de pastoreo, atribuyéndole funcionalidades protectoras ante el avance indebido de las leñosas (Gorondi 1990).

El calden, como las otras especies del género *Prosopis*, presenta adaptaciones a los fuegos de dos formas: las partes aéreas mueren en relación a la intensidad del evento, pero los individuos se regeneran mediante el surgimiento de rebrotes multicaules a partir de un anillo de yemas durmientes situadas en la interfaz tallo-raíz. En los individuos de mayores diámetros, el espesor de la corteza alcanza a proteger la capa cambial de los árboles, al menos parcialmente. En estos casos los individuos siguen creciendo, aunque con patrones de crecimiento alterados por varios años que permiten fechar los eventos. Estos dependen de la intensidad del daño. Si una parte del cambium se perdió, quedan sectores carbonizados con cicatrices de recuperación post-fuego muy características. Si no se pierde ninguna parte del cambium (en caso de fuegos de copa o de baja intensidad) éste igualmente produce varios micro-anillos de crecimiento radial que corresponden a la secuencia de años con disminución del crecimiento por pérdida de biomasa foliar y yemas aéreas en el evento (Bravo 2003; Medina 2008). El conjunto de estas características permiten por lo tanto datar los eventos de fuego en los caldenes en base a sus patrones de crecimiento radial y/o estructuras de edades (Fig. 4).

Los primeros estudios dendrocronológicos para el estudio del fuego se llevaron a cabo en los años noventa en dos sitios de las provincias de La Pampa y el sur de San Luis, usando cronologías

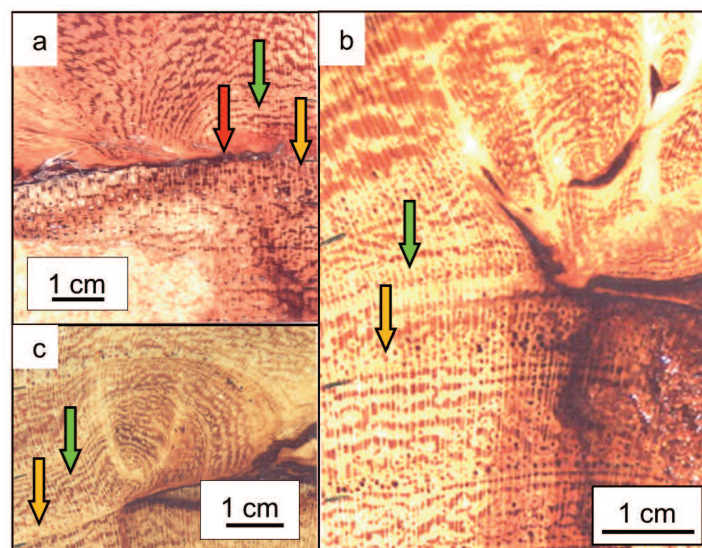


Figura 4. Cicatrices de fuego en el leño de *Prosopis caldenia*. (a) Fuego de primavera en la que se observan los tejidos del leño temprano del anillo de crecimiento con carbonización (flecha roja), leño temprano (flecha amarilla), leño tardío (flecha verde). (b) Fuego de verano: cicatriz en el leño tardío de un anillo de crecimiento. Leño temprano (flecha amarilla), leño tardío (flecha verde) y (c) Fuego durante el reposo vegetativo otoño invernal, ubicado en el límite entre dos anillos de crecimiento. Leño temprano (flecha amarilla), leño tardío (flecha verde).

Figure 4. Fire scars on *Prosopis caldenia* trees. (a) Springtime fire with tree-ring carbonized earlywood (red arrow) earlywood (yellow arrow), latewood (red arrow). (b) Summer fire: fire scar on tree-ring latewood earlywood (yellow arrow), latewood (red arrow) and (c) Autumn-winter fire between two tree rings; earlywood (yellow arrow), latewood (red arrow).

de caldenes añejos y de gran porte, obtenidas en operaciones de apertura de caminos. La longevidad de estas muestras permitió establecer sus fechas de fuego hasta mediados del siglo XVIII. Se identificaron tres periodos de fuegos frecuentes, que fueron además comunes en ambas zonas: a) durante la época ranquelina, en particular en momentos de conflicto con el ejército argentino, según las costumbres de estos pueblos originarios, b) al momento de la colonización, entre 1879 y principios del siglo XX y c) a finales del siglo XX, a partir de los años 1980, cuando se generalizó el uso de las quemaduras para usos pastoriles (Medina et al. 2000; Medina 2007).

Posteriormente, otro estudio del mismo tipo, pero con más muestras y amplitud geográfica (ocho sitios desde el norte de San Luis hasta el centro de La Pampa) confirmó estos resultados. En este caso, además se detectó una fuerte coincidencia entre periodos de fuegos frecuentes y las edades de las muestras, es decir que los incendios indujeron pulsos de regeneración dentro de estos rodales añejos, tal como se había demostrado en los estudios de estructuras de edades de formaciones secundarias actuales en La Pampa, en ausencia de influencias climáticas directas (Bogino et al. 2015).

Finalmente, un estudio reciente en la provincia de La Pampa, comparó el desarrollo de las fisonomías de un bosque maduro y de una formación secundaria contiguas a través de sus estructuras de edades, patrones de crecimiento y fechas de fuego a lo largo del siglo XX. Los resultados principales mostraron el inédito aumento de las frecuencias de fuego observado a partir de fines del siglo XX, con intervalos medios de fuego (IMF) inferiores a los 10 años. Este tipo de régimen generó renovales estabilizados, con muy pocas probabilidades de evolucionar hacia bosques maduros. Los jóvenes bosques secundarios iniciados entre los años 1950-60 quedaron totalmente transformados en poblaciones de individuos multicaules. Los tallos en forma de racimos compitieron entre ellos, con un crecimiento totalmente mermado y acotado entre fuegos sucesivos, y un nulo valor maderero. Por otro lado, los bosques que formaron estas ramificaciones impidieron el desarrollo de pasturas a su sombra (Vivalda et al. 2014).

Estos resultados coincidieron con otros trabajos realizados en la región de la diagonal semiárida al oeste del caldenal, a través del estudio de las fisonomías de una cronosecuencia de siete rodales de *P. flexuosa* post-fuego (Cesca y Villagra 2014). En esa región, el IMF actual es de 5.7 años, y aún se proyectó una disminución del mismo. Los autores resaltaron que en ese contexto es esperable la generalización de un paisaje totalmente arbustizado con muy baja capacidad de recuperación natural. Con estos trabajos se rebasaron ampliamente los debates basados en observaciones y especulaciones, presentados en trabajos anteriores según la formación o los intereses de las partes involucradas. También se superaron las evidentes falencias de los estudios de corto plazo, en relación a los procesos ecológicos lentos estudiados (Kitzberger et al. 2000). El daño provocado por el fuego a los bosques y pastizales de las formaciones de *Prosopis* en estos ambientes áridos a semiáridos quedó evidenciado y cuantificado, así como la necesidad de implementar estrategias silvícolas o silvopastoriles de restauración a gran escala para su correcto manejo.

El clima en la pampa y los anillos de crecimiento

Fuera de los factores de competencia, edad y disturbios que actúan sobre la dinámica general del crecimiento de los árboles, las fluctuaciones del ancho de sus anillos anuales están correlacionadas con las variaciones interanuales, o de alta frecuencia, del clima (Fritts 1976). En ambientes con déficit hídrico, se suelen esperar claras asociaciones entre el ancho de los anillos de crecimiento y las precipitaciones anuales. Sin embargo, el caldén es una especie adaptada a zonas con una pluviometría que oscila de los 250 mm a más de 1100 mm anuales (Veneciano et al. 2010) y los estudios dendroclimáticos realizados a la fecha indican funciones de respuesta más complejas, con una mayor sensibilidad a las temperaturas que a las precipitaciones (Bogino y Jobbágy 2011). Las temperaturas extremas (máximas y mínimas) tienen un efecto mayor que sus promedios sobre el crecimiento, y además con una variabilidad muy grande entre individuos. Esto se relaciona, al menos parcialmente, con su edad ya que las temperaturas en aumento favorecen el crecimiento de árboles maduros (más de 70 años) mientras que esta relación se invierte en ejemplares jóvenes (Jové Alcalde 2014).

El algoritmo BIOdry es un modelo de niveles múltiples basado en la asociación del crecimiento radial de individuos y poblaciones boscosas con variables climáticas integradas (temperatura y pluviometría), desarrollado para zonas áridas del Mediterráneo europeo (Lara et al. 2013). Este algoritmo se aplicó sobre datos dendrocronológicos para seis sitios de bosques de *P. caldenia*. Los resultados reafirmaron la variabilidad en la función de respuesta a estas variables entre sitios, probablemente asociada a la diversidad genética, al acceso de la napa freática a poca profundidad y al impacto de los disturbios (Risio et al. 2013).

El clima y los disturbios de baja frecuencia pueden interactuar sobre el crecimiento y el desarrollo de los caldenales. Las tasas de deforestación y el incremento de las precipitaciones en la segunda mitad del siglo XX, en aproximadamente 100 mm anuales, han provocado el incremento de las napas freáticas en el área norte de la distribución de estos bosques (Fig. 3d) (Veneciano et al. 2010, Contreras et al. 2013). Este fenómeno se observó también en la zona central del caldenal, con la aparición de bosques inundados a fines de los años noventa. Este fenómeno es nuevo para toda la región, y para los bosques de *Prosopis* en general. En este caso, se postuló además la posibilidad del impacto de la ganadería sobre la compactación de suelos con pendiente (Belcher com.pers.).

La Dendrocronología permitió analizar la dinámica de crecimiento temporal, el establecimiento, el colapso y el efecto del clima sobre rodales afectados por la subida de las napas freáticas en la provincia de San Luis. Para esto se analizó un caso representativo, comparando dos sitios vecinos y contrastados: uno con la napa freática a la altura del suelo (bajo) y el otro con la napa a más de 12 m de profundidad (alto). Los resultados permitieron estimar con alta precisión las fechas de establecimiento (1929 y 1936 para el bajo y

alto, respectivamente) y comprobar las fechas del colapso de los individuos del bajo por anoxia (1991-2002) (Bogino y Jobbágy 2011).

Además, los valores de crecimiento medio para los individuos del bajo permitieron estimar la culminación de su crecimiento en área basal en la década del cincuenta favorecidos por la buena disponibilidad de agua. Luego, el incremento de la napa freática afectó desfavorablemente a los individuos, provocando su muerte. La dinámica de crecimiento de los individuos del alto fue significativamente diferente con un período de culminación en el incremento del área basal de que se extendió por más de veinte años en comparación con el sitio del bajo. Un claro efecto positivo de las temperaturas sobre el crecimiento para ambos sitios y un impacto poco significativo de la precipitación que fue negativa en el otoño previo a la estación de crecimiento para el bajo permitieron demostrar el impacto negativo de las lluvias otoñales para estos individuos, ya que éstas incrementarían el nivel freático y, por lo tanto, restringirían el crecimiento (Bogino y Jobbágy 2011).

Finalmente, estudios más recientes han establecido la variabilidad isotópica del carbono $\delta^{13}\text{C}$ y su asociación con el incremento diamétrico de *P. caldenia* y el índice de aridez en tres sitios contrastantes de su área de distribución natural en las provincias de San Luis y La Pampa. El objetivo fue determinar la eficiencia en el uso del agua en función de cambios ambientales tales como la ocurrencia de la regeneración, los cambios en niveles freáticos, o el clima en la última mitad del siglo pasado. Los resultados mostraron que la eficiencia intrínseca en el uso del agua de los caldenales se ha incrementado en la segunda mitad del siglo pasado. Este hecho ocurrió simultáneamente con el aumento de la concentración de CO_2 atmosférico. Hay correlación entre la $\delta^{13}\text{C}$ y el ancho de los anillos y ambas variables están influenciadas por el acceso a la napa freática. Se concluyó que las herramientas dendrocronológicas estándares y el análisis de isótopos deberían ser empleados como técnicas complementarias para una mejor comprensión de estos sistemas en un contexto de cambio global (Risio et al. 2014).

Conclusiones

En este trabajo se han presentado las principales investigaciones sobre anillos de crecimiento en la región de la Pampa seca Argentina, en relación a la ecología de sus bosques nativos y su dinámica bajo influencia de su historia de uso, el contexto socioeconómico y el marco científico de análisis. Estos bosques se encuentran en una zona de ganadería tradicional, frente a una frontera agropecuaria marcada ahora por una lógica productivista que tiende a vaciar los espacios rurales. Por lo tanto, el manejo de este territorio constituye un desafío para la sociedad local, sujeto a numerosas controversias sociales y ambientales. Los avances descriptos se realizaron en el contexto de estos debates públicos, y del progreso de las ideas académicas de cada época.

La Dendrocronología pampeana contemporánea se caracteriza por la inquietud científica ante paradigmas ecológicos que no explican bien la actualidad, por la búsqueda de elementos explicativos efectivos y por la valoración de la interdisciplinariedad. Con estos elementos, se han producido informaciones valiosas para el manejo y la conservación de los bosques nativos locales, pero aún queda mucho por hacer.

Los próximos ejes de investigación deberían enfocarse en la caracterización más precisa de la variabilidad de los ecosistemas forestales, y de posibles estrategias de restauración silvícolas o silvopastoriles en estos ambientes, con sus implicancias sociales y económicas. El éxito de estos esfuerzos dependerá además de su efectiva extensión al resto de la comunidad académica y el conjunto de la población implicada.

Agradecimientos

A todos los investigadores que creyeron en el potencial dendrocronológico de los bosques pampeanos. A Alicia Tapia, Alicia Kin y los dos revisores anónimos por los valiosos comentarios hechos a este manuscrito. A la profesora María de los Ángeles Bianchi por las correcciones de la redacción del texto.

Referencias

- Alonso, L. 2007. Sobre la existencia de la historia reciente como disciplina académica. *Prohistoria* 11:191-204.
- Amieva-García, R., Dussart, E., Bogino, S., Leporati, J. 2013. Respuesta temprana del crecimiento de *Prosopis caldenia* y *Prosopis flexuosa* sometidos a raleos y podas en la provincia de la pampa. 4º Congreso forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú, Misiones, 23-29 septiembre 2013.
- Archer, S.R. 1995. Tree-grass dynamics in a *Prosopis*-thornscrub savanna parkland: reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience* 2:83-99.
- Bogino, S. 2014. The centenary pluviometer: a first dendrochronological study in South America. *Dendrochronologia* 32:52-54.
- Bogino, S., Jobbágy, E. 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.
- Bogino, S., Villalba, R. 2008. Radial growth and biological rotation age of *Prosopis caldenia* Burkart in Central Argentina. *Journal of Arid Environments* 72:16-23.
- Bogino, S., Roa Giménez, C., Velasco, T., Cangiano, M., Risio, L., Rozas, V. 2015. Synergetic effects of fire, climate and management history on recruitment of *Prosopis caldenia* in the Argentinean pampas. *Journal of Arid Environments* 117:59-66.
- Brailovsky, A., Fogelman, D. 1991. *Memoria verde. Historia ecológica de la Argentina*. Editorial Sudamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Bravo, S., Giménez, A.M., Kunst, C., Moglia, G. 2003. El fuego y las plantas. En: Kunst, C., Bravo, S., Panigatti, J. (eds.). *Fuego en los ecosistemas argentinos*, pp. 61-70. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Brienza, L. 2008. La escritura de la historia del pasado reciente en la Argentina democrática. *Anuario del Centro de Estudios Históricos «Prof. Carlos S. A. Segreti»* 8 (8):223-241.
- Bruniard, E.D. 1982. La diagonal árida argentina. Un límite climático real. *Revista Geográfica IPGH* 95:5-20.
- Burkart, A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae): catalogue of the recognised species of *Prosopis*. *Journal of Arnold Arboretum* 57:507-509.
- Cano, E., Fernández, B., Montes, M.A. 1980. *Vegetación en Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, clima, geomorfología, suelo y vegetación*. INTA – Provincia de La Pampa - Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, Argentina.
- Carreño, L.A. 2004. Valdivia, Araucanía y Pampas: Un circuito económico periférico. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad de los Lagos, Chile* 5 (5):10-14.
- Castro, M.A. 1994. *Maderas Argentinas de Prosopis. Atlas Anatómico*. Secretaría General de la Presidencia de la Nación, República Argentina.
- Cesca, E.M., Villagra, P.E., Alvarez, J.A. 2014. From forest to shrubland: Structural responses to different fire histories in *Prosopis flexuosa* woodland from the Central Monte. *Journal of Arid Environments* 110:1-7.
- Chinnimani, S. 1998. Ecology of succession of *Prosopis juliflora* in the ravines of India. En: Tewari, J. C., Pasiecznik, N. M., Harsh, L.N., Harris, P.J.C. (eds.) *Prosopis species in the Arid and Semi-Arid Zones of India*, pp.21-22. *Prosopis Society of India and the Henry Doubleday Research Association*, Coventry, Reino Unido.
- Colombato, J. A. 1995. La quimera del trigo. En: Colombato, J. A. (ed.) *Trillar era una fiesta. Poblamiento y puesta en producción de La Pampa territorial* pp.49-123. Santa Rosa, Instituto de Historia Regional, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, Argentina.
- Contreras, S., Santoni, C., Jobbágy, E. 2013. Abrupt watercourse formation in a semiarid sedimentary landscape of central Argentina: the roles of forest clearing, rainfall variability and seismic activity. *Ecohydrology* 6(5):794-805.
- Denevan, W.M. 1992. The Pristine Myth: The Landscape of the Americas in 1492. *Annals of the Association of American Geographers* 82(3):369-385.
- Dussart, E., Peinetti, R., Boninsegna, J.A. 1997. Análisis del crecimiento de *Prosopis caldenia* Burk., en relación con parámetros ambientales y fuego. Actas de la XVIII Reunión Argentina de Ecología. Buenos Aires, 21 al 23 de abril de 1997. FAUBA, Buenos Aires, Argentina.
- Dussart, E., Lerner, P., Peinetti, R. 1998. Long term dynamics or two populations on *Prosopis caldenia* Burkart. *Journal of Range Management* 51:685-691.
- Dussart, E.G., Chirino, C.C., Morici, E., Peinetti, R. 2011. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. *Quebracho* 19:54-65.
- FAO 2001. El Plan Nacional de Manejo del Fuego: República Argentina-Roberto Heredia. En: *Reunión Sobre Políticas Públicas que Afectan a los Incendios Forestales, (Roma, 28 - 30 de octubre de 1998)*, Estudio FAO Montes. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x2095s/x2095s0w.htm>.
- Fritts, H. 1976. *Tree Ring and Climate*. Academic Press Inc, Londres, Reino Unido.
- Garbarino, S. 2008. Los inicios de la explotación y el comercio forestal en el Territorio Nacional de La Pampa. En: *Historia de La Pampa*, pp. 205-213. UNLPam, Santa Rosa, Argentina.
- González, M.E., Amoroso, M., Lara, A., Veblen, T.T., Donoso, C., Kitzberger, T., Mundo, I., Holz, A., Casteller, A., Paritsis, J., Muñoz, A., Suárez, M.L., Promis, A. 2014. Ecología de disturbios y su influencia en los bosques templados de Chile y Argentina. En: Donoso, C., González, M.E., Lara A. (ed.). *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile*, pp.410-502. Ediciones Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Gorondi, A.Z. 1990. La reintroducción del fuego en el ecosistema bosque de caldén. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Pampa, Argentina* 5:149-154.
- Grau, H.R., Aide, T.M., Gasparri, N.I. 2005. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *Ambio* 34:265-266.
- Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghera, C.M., Culot, J. 1992. Field crops systems of the pampas. En: Pearson, C.J. (ed.). *Field crop ecosystems of the world*, pp.413-449. Elsevier, Amsterdam, Países Bajos.
- IANIGLA 2002. *30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales*. Trombott, D.T., Villalba, R. (eds.). Instituto Argentino de Nivología y Glaciología. Mendoza. Argentina.
- INCyTH 1991. *Mapa Hidrogeológico de la República Argentina (escala 1:2500000)*. Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hidráulicas, OSP, PHI-UNESCO, Argentina.
- Imaña, J., Encinas, O. 2008. *Epidometría Forestal*. Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal, Brasilia, Brasil y Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida. Venezuela.
- Jacoby, P.W., Ansley, R.J. 1991. Mesquite: classification, distribution, ecology, and control. En: James, L.F., Evans, J.O., Ralphs, M.H., Child, D.R. (eds.). *Noxious Range Weeds*, 364-376. Westview Press, Boulder, CO. Estados Unidos.
- Jardel, E.J., Maass, J.M., Rivera, V.H., Ceballos, G., Medellín, R., Equihua, M., et al. 2011. *Investigación ecológica a largo plazo en México*. Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo. Morelia, Michoacán, México.
- Jové Alcalde, G. 2014. *Dinámica individual y respuesta al clima de Prosopis caldenia*. Tesis de master. Universidad de Valladolid, España.
- Kitzberger, T., Veblen T.T., Villalba R. 2000. Métodos dendrocronológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. En: Roig F.A. (ed.). *Dendrocronología en América Latina*, pp.17-78. EDIUNC, Mendoza, Argentina.
- Koutche, J., Carmelich, V. 1936. Contribución al conocimiento de los bosques de la República Argentina: Estudio Forestal del Caldén. *Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación XXXVII* (1-4):1-22.
- Krebs, C., Fischer, G. 1931. El pluviómetro secular. *Circular de la Sección de Propaganda e Informes del Ministerio de Agricultura* 847:1-24.
- Lara A., C., Little, C., Urrutia, R., McPhee, J., Alvarez-Garretón, C., Oyarzun, C., Soto, D., Donoso, P., Nahuelhual, L., Pino, M., Arismendi, I. 2009. Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management* 258:415-424.
- Lara, W., Bravo, F., Maguire, D.A. 2013. Modeling patterns between drought and tree biomass growth from dendrochronological data: A multilevel approach. *Agricultural and Forest Meteorology* 178-179:140-151.
- Lasalle, J.C. 1966. Política forestal y métodos de aprovechamiento con relación al bosque pampeano del caldén. *Ingeniería Agronómica* 15(4):14-15.
- Lasalle, A.M., Lluch, A. 2000. *Arando en el desierto. Itinerario fotográfico de la colonización francesa de Telén. Pampa Central 1900-1901*. Eds. UNLPam. Santa Rosa. Argentina. 197 pp.
- 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. *Bosque* 29:115-119.
- Medina, A., Dussart, E., Estelrich, H., Morici, E. 2000. Reconstrucción de la historia del fuego en un bosque de *Prosopis caldenia* (Burk.) de Arizona, sur de la provincia de San Luis. *Multequina* 9:91-98.
- MiniAgri 2015. Boletines Históricos. Indicadores carne ovina. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Gobierno de Argentina. <http://www.minagri.gob.ar/site/ganaderia/ovinos/02=Estadisticas/01=Indicadores/index.php>. [Consultado] 5 de febrero de 2015.
- Morris, A., Ubici, S. 1996. Range management and production on the fringe: the Caldenal, Argentina. *Journal of Rural Studies* 12:413-425.
- Oliver, C.D., Larson, B.C. 1996. *Forest Stand Dynamics*. McGraw-Hill, New York, Estados Unidos.
- Pasiecznik, N.M., Felker, P., Harris, P.J.C., Harsh, L.N., Cruz, G., Tewari, J.C., Cadoret, K., Maldonado, L.J. 2001. *The Prosopis juniflora-Prosopis pallida Complex: A monograph*. HDRA, Coventry, Reino Unido.
- Peinetti, R., Dussart, E., Boninsegna, J.A. 1994. Análisis dendrocronológico preliminar de la tendencia de edad en caldén (*Prosopis caldenia* (L) Burk.). En: *Proceedings of the International Meeting of the IAWA. Mar del Plata, 2-8 de octubre de 1994. Argentina*. p. 877.
- Risio, L., Lara, W., Bogino, S., Bravo, F. 2013. Efecto de la sequía sobre el crecimiento diamétrico de los bosques secos de *Prosopis caldenia* de Argentina. *Actas del 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú, Misiones 23-29 septiembre 2013*. AFoA, Buenos Aires, Argentina.
- Risio, L., Lara, W., Bogino, S., Bravo, F. 2014. *Prosopis caldenia* physiological responses to climate change: Growth dynamics and stable carbon and oxygen isotopes. En: Hidalgo Rodríguez, E., Beltrán Marcos, D., Cattaneo, N., Flores García, A., Manrique Cobián, M., Miranda, V.G. (eds.). *VIII Young Researches Meeting on Conservation and Sustainable use of Forest System. Palencia, Spain. 2-4 February 2014*. Sustainable Forest Management Research Institute (University of Valladolid-INIA), Palencia, España.
- Roig, F.A. 2000. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. En: Roig F.A. (ed.). *Dendrocronología en América latina*, pp.307-355. EDIUNC. Mendoza. Argentina.
- 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. Pto. Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-2001. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.
- Schavelzon, D. 2008. *Mejor olvidar: La conservación del patrimonio cultural argentino*. Editorial De Los Cuatro Vientos, Buenos Aires, Argentina.
- Shackleton, R.T., Le Maitre D.C., Pasiecznik, N.M., Richardson, D.M. 2014. *Prosopis*: a global assessment of the biogeography, benefits, impacts and management of one of the world's worst woody invasive plant taxa. *AoB PLANTS* 6: plu027, doi:10.1093/aobpla/plu027.
- Speer, J. 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press. Tucson, Estados Unidos.
- Tapia, A. 2005. Archaeological perspective of the ranqueles chiefdoms in the north of the dry pampas (XVIII-XIX centuries). *International Journal of Historical Archaeology* 9(3):209-227.
- Tapia, A., Dussart, E. 2013. Aportes de la dendrocronología al estudio de la evolución del caldenar pampeano durante la ocupación ranquelina. *Revista del Museo de La Plata. Sección Antropología* 13:82-99.
- Torero, A. 2002. *Idiomas de los Andes: lingüística e historia*. Instituto Francés de Estudios Andinos. Editorial Horizonte. Lima, Perú.
- Vázquez, P., Llorens, E., Poey, S., Stefanazzi, I. 2015. Proceso de Lignificación en la provincia de La Pampa, Argentina. Identificación a Partir de Sensores Remotos. En: Peri, P.L. (ed.). *Actas del III Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional Agroforestal, Iguazú, Misiones, 7-9 May 2015*. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Veblen, T.T., Kitzberger, T., Villalba, R. 2004. Nuevos paradigmas en ecología y su influencia sobre el conocimiento de la dinámica de los bosques del sur de Argentina y Chile. En: Goya, J.F., Frangi, J.L., Arturi, M.F. (eds.) *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*, pp.1-48. Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Veneciano, J.H., Terenti, O.A., Federigi, M.E. 2010. *Villa Mercedes (San Luis): reseña climática del siglo XX*. Información técnica N°156, INTA, San Luis, Argentina.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C. 2006. Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quaternary International* 158:122-126.
- Villagra, P.E., Boninsegna, J., Alvarez, J., Cony, M., Cesca, E., Villalba, R. 2005. Dendroecology of *Prosopis flexuosa* woodlands in the Monte desert: implications for their management. *Dendrochronologia* 22:209-213.
- Villagra, P.E., Defossé, G., Del Valle, H., Tabeni, M.S., Rostagno, C.M., Cesca, E., Abraham, E.M. 2009. Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte Desert. Implications for their management. *Journal of Arid Environments* 73:202-211.
- Villalba, R. 1985. Xylem structure and cambial activity in *Prosopis flexuosa* D.C. *IAWA Bulletin* 6 (2): 119-130.
- Villalba, R., Boninsegna, J.A. 1989. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* D.C. *IAWA Bulletin* 10 (2): 155-160.
- Villalba, R., Villagra, P.E., Boninsegna, J.A., Morales, M.S., Moyano, V. 2000. Dendroecología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis*. *Multequina* 9(1):1-18.
- Valda, F., Bogino, S., Dussart, E. 2014. Fire impact on the structure and dynamic of *Prosopis caldenia* woodlands in the Argentinean pampas. En: Parrotta, J.A., Moser, C.F., Scherzer, A.J., Koereth, N.E., Lederle, D.R. (eds.). *Sustaining Forests, Sustaining People: The Role of Research, XXIV IUFRO World Congress, 5-11 October 2014, Salt Lake City, USA, (Abstracts)*. *The International Forestry Review* 16(5), 2014.