

Regeneración en especies de leñosas nativas del Chaco de Argentina y su respuesta a disturbios

Bravo, S.¹; R. Abdala¹; F. del Corro²; V. Ibáñez-Moro²;
A. C. Santacruz-García²; D. Loto² y F. Ojeda²

En el campo de la ecología de comunidades vegetales, la regeneración de bosques nativos es una de las líneas de investigación más prolíficas en las dos últimas décadas, sobre todo en ambientes con bosques tropicales secos, donde se han tornado más evidentes los cambios en el clima a escala global. La capacidad de regeneración natural de los bosques nativos depende de su composición de especies, de los factores bióticos (como agentes dispersores, niveles de herbivoría y/o predación) y abióticos (cambios en la disponibilidad de recursos como espacio, agua, luz, entre otros) (Tálamo *et al.* 2003; 2009). Las estrategias que usan individualmente las especies para su regeneración dependen de rasgos funcionales como la tasa de crecimiento, la periodicidad foliar, la distribución de fotoasimilados, la localización y tamaño de su banco de yemas, y la capacidad de formar bancos de semillas persistentes (Lloret, 2004; Barchuck *et al.* 2006).

Más allá de los procesos naturales, el Hombre y sus actividades productivas constituyen la principal fuente de transformación de las comunidades vegetales (Bistinas *et al.* 2013). La creciente demanda mundial de alimentos y materiales para la industria, el cambio climático y los cambios de usos de la tierra, han generado un incremento en la degradación de los bosques y en la recurrencia de disturbios (Mostacedo y Frederiksen, 2001; Aráoz *et al.* 2010; Bravo *et al.* 2010). El conocimiento sobre las estrategias de regeneración de las especies que componen los bosques constituye, por lo tanto, la línea de base para establecer planes de aprovechamiento y manejo forestal sustentables (Mostacedo y Frederiksen, 2001). Tanto la conservación de bosques como muchas otras unidades de vegetación, son por lo tanto un objetivo global con múltiples

¹ Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero, Argentina

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), El Zanjón, Ruta 9. CP: 4200, Santiago del Estero, Argentina.

implicancias desde el plano ecológico y productivo, ya que compromete la provisión de bienes y servicios ecosistémicos indispensables para la supervivencia y bienestar del Hombre.

Los bosques del Chaco semiárido de Argentina

El paisaje de esta región está determinado fundamentalmente por tierras altas con suelos bien drenados, ocupados por bosques y pastizales pirógenos, y depresiones donde se desarrollan pastizales edáficos y sabanas de palmeras, de árboles y arbustos (Bucher 1982). Hay una gran heterogeneidad fisonómica entre las comunidades vegetales y dentro de cada una de ellas, dada las condiciones de semiaridez reinantes (Bucher 1980) y el régimen de disturbios. Los bosques del Chaco semiárido argentino han estado sujetos a explotación forestal selectiva desde fines del siglo XIX y los pastizales y sabanas han experimentado los cambios en la recurrencia y severidad de disturbios (pastoreos y fuegos) debido a un sostenido incremento de la actividad ganadera, desde el inicio mismo de establecimiento de los primeros “puestos” (Adámoli *et al.* 1990). Una mayor disponibilidad de agua a escala regional aumentó la frecuencia de incendios desde 1970 en sabanas chaqueñas (Bravo *et al.* 2001a; 2010) aunque faltan datos sobre frecuencias de fuegos en tiempos más recientes.

En las últimas décadas, los bosques semiáridos del Chaco argentino se han visto afectados por cambios en el uso de la tierra con un claro avance de la frontera agropecuaria (Brassiolo, 2005; Grau *et al.*, 2005; Boletta *et al.*, 2006, Britos y Barchuck, 2008). La ocupación de áreas ganaderas para cultivos de soja, y pasturas tropicales, entre otros, han desplazado la actividad pecuaria a las áreas de bosques (Grau *et al.* 2005; Boletta *et al.* 2006). Hace poco más de una década ha comenzado un uso creciente de sistemas silvopastoriles (del Valle *et al.*, 2005, Carranza y Ledesma 2005) en los que se promueven el empleo de rolados o encadenados y quemas prescriptas para controlar el estrato arbustivo, y la siembra de pasturas tropicales para mejorar la oferta de forraje (Anriquez *et al.*, 2005; Camardelli *et al.*, 2009; Kunst *et al.* 2012). Las cargas de ganado pueden superar ampliamente aquellas propias de una ganadería extensiva bajo monte, como se caracterizaba inicialmente este sistema (Adámoli *et al.* 1990). Por otro lado, muchas áreas sometidas a agricultura intensiva han sido abandonadas debido manejo productivo no sustentable y a una disminución de la rentabilidad. La determinación de un manejo forestal sustentable, con un criterio ecológico que asegure, y aún mejore la provisión de servicios ecosistémicos actuales, representa un desafío importante para los administradores ambientales de bosques chaqueños semiáridos (Costanza y Neuman 1997; Morello *et al.* 2007).

La capacidad de resiliencia de la vegetación nativa, frente al sinergismo entre disturbios plantea la necesidad de un enfoque funcional para fortalecer los planes de manejo forestal, la restauración o rehabilitación de áreas degradadas, así como las

actividades para mitigación frente al cambio climático. Actualmente, en el marco del Proyecto de Cooperación Binacional SPU-CAPES, entre la Universidad Nacional de Santiago del Estero de Argentina y la Universidad Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, se realizan estudios para cubrir en parte, estos aspectos relevantes en la ecología de la regeneración de especies leñosas del Chaco semiárido argentino. Se han establecido dos líneas básicas de investigación: regeneración vegetativa con foco en la estrategia rebrotadora de especies de leñosas nativas, y regeneración por vía sexual, enfocada en el estudio de bancos de semillas, ambas en relación a los disturbios antes mencionados (fuegos, rolados, aprovechamiento forestal y ganadero).

Regeneración vegetativa y disturbios en leñosas nativas del Chaco argentino

Los estudios que se describen en el presente capítulo se están desarrollando en bosques típicos del Chaco Occidental argentino, dentro de la provincia de Santiago del Estero, donde se ubica el polo de calor de Sudamérica (Morello y Adámoli, 1968). Se trata de bosques abiertos secos estacionales, semicaducifolios. El dosel de estos bosques puede alcanzar un poco más de 20 m, en los sitios de mejor estado de conservación y en él están representados *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado santiagueño) y *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco). De esto surge la denominación de *quebrachales chaqueños o bosques de dos quebrachos*. El piso intermedio puede alcanzar de entre 5 a 13 m de altura, compuesto por *Parkinsonia praecox* (*Cercidium praecox*), *Sarcomphalus mistol*, *Prosopis nigra*, *Prosopis ruscifolia*, entre otros. El estrato arbustivo puede ser muy denso, de acuerdo a la intensidad de disturbios, con *Vachellia aroma* (Ex. *Acacia aroma*), *Senegalia gilliessi* (Ex. *Acacia furcatispina*), *Capparis atamisquea*, *Maytenus spinosa*, *Condalia microphylla*, *Portieria microphylla*, entre otras especies de *Celtis* (Araujo *et al.* 2008, Hernández y Giménez, 2017).

Los antecedentes en relación a biodiversidad de bosques chaqueños y la respuesta a disturbios, indican que la matriz florística se mantiene, pero con cambios significativos en la estructura (Giménez *et al.* 2007), en el área basal, así como en la arquitectura de especies arbóreas (Tálamo y Caziani, 2003, Tálamo *et al.* 2009; 2012). La capacidad de regeneración natural post disturbios ha sido también evaluada en ensayos con quemas experimentales (Bravo *et al.* 2014a) y con la combinación de rolados y pastoreos postfuego (Kunst *et al.* 2000; 2009 y 2012). Estos trabajos sugieren una gran capacidad de regeneración frente a los disturbios comunes en la región, como los fuegos, el aprovechamiento forestal y la herbivoría. Sin embargo, la capacidad de resiliencia de las comunidades puede agotarse frente a una elevada recurrencia e intensidad de disturbios y puede variar a lo largo de gradientes ambientales (Lloret 2004; Lloret *et al.* 2005).

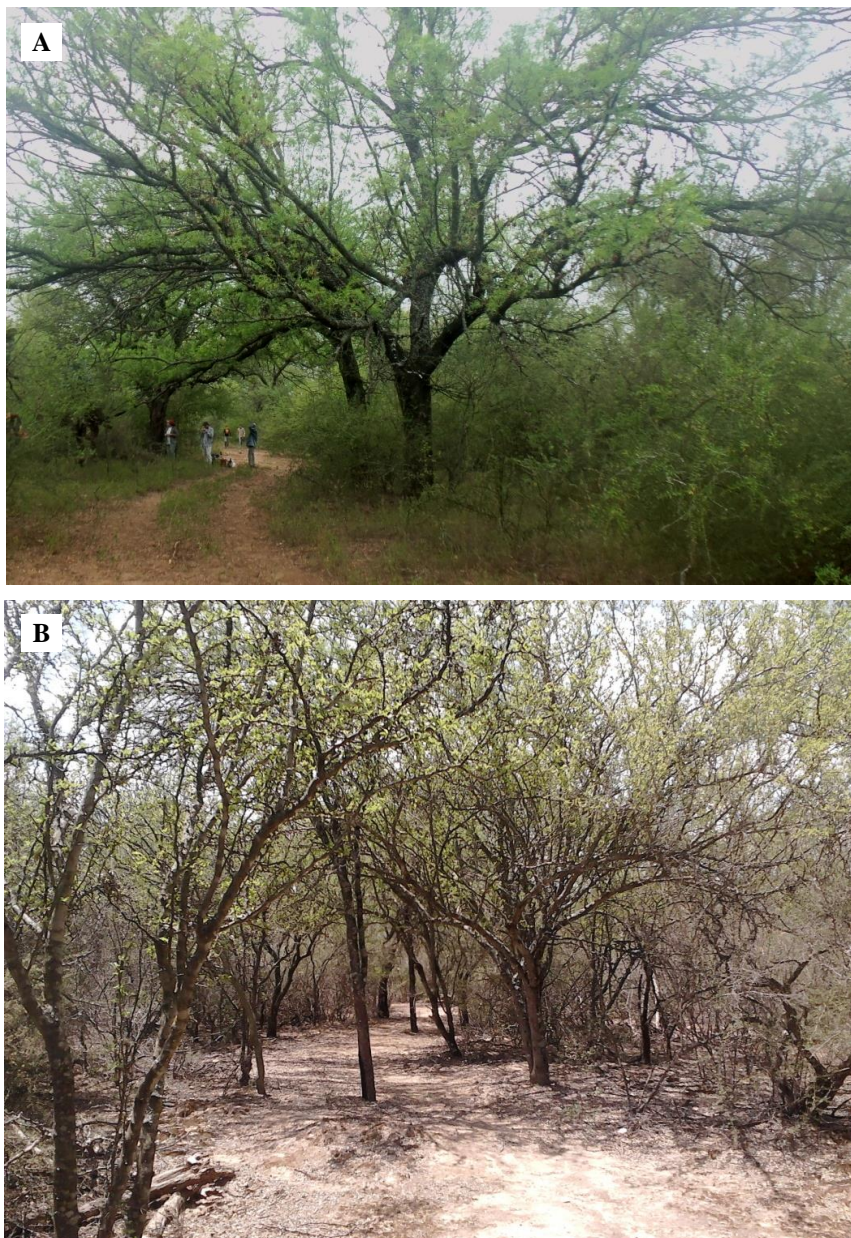


Figura 1. Bosques del Chaco Occidental de Argentina, ubicados en el Campo Experimental Francisco Cantos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, Santiago del Estero, Argentina. **A.** Bajo clausura los últimos 35 años. **B.** Con ganadería y fuegos.

Según Brassiolo (1993) las especies dominantes del dosel de bosques nativos del Chaco Occidental presentan una gran mortalidad inicial, con lo cual usualmente se encuentra un número reducido de ejemplares en inventarios de regeneración natural. Este autor considera ejemplares juveniles establecidos a aquellos con altura superior a los 2 m ya que pueden superar la influencia del ganado y el canopeo del estrato arbustivo. La edad a la que las plantas alcanzan esta altura dependerá de la tasa de crecimiento y el régimen de disturbios del área donde vegetan. Brassiolo (1993) indica que los ejemplares juveniles de *S. lorentzii* requieren una edad promedio de 7 años hasta alcanzar los 2 m de altura, en áreas del Chaco semiárido, sin control de pastoreo y que la misma podría disminuir a 4 años, con 5 años de clausura. En estudios del efecto de disturbios sobre regeneración de especies leñosas, resulta de gran interés determinar si se trata del reclutamiento de nuevas plantas o rebrote de las ya establecidas, ya que las tasas de crecimiento y dinámica temporal pueden variar sensiblemente (Ky-Dembely *et al.* 2007). Tálamo *et al.* (2013) analizaron la regeneración de especies de leñosas nativas, en el sector norte del Chaco argentino, en sitios con diferente historia de disturbios, indicando una baja regeneración de *S. lorentzii* y *A. quebracho-blanco*, independiente del tipo de disturbio y los cambios en el medio físico que ellos mismos generan.

Estudios preliminares sobre composición de especies, rasgos funcionales de las leñosas y su respuesta a disturbios, sugieren cambios en la dominancia y en los atributos de rasgos funcionales como el hábito de crecimiento, espinescencia e intensidad de rebrotes (Bravo *et al.* 2014b). La capacidad de rebrotar ha sido observada en las 23 especies de leñosas, identificadas en los censos de vegetación de bosques con diferentes historias de disturbios (bosques en clausura, con ganadería y fuegos, con rolados y fuegos y con rolados y aprovechamiento forestal). Sin embargo, la intensidad del rebrote y los cambios de hábitos de crecimiento responden a características específicas como el tamaño del banco de yemas, (Bravo *et al.* 2011), su localización y el grado de protección de las cortezas (Bravo *et al.* 2008, 2014). La regeneración vegetativa post fuego de ejemplares juveniles (< 15 cm de diámetro) de las tres especies de leñosas más representativas de los bosques chaqueños (*S. lorentzii*, *A. quebracho-blanco* y *S. mistol*), se establece a través de rebrotes basales o epicórmicos, luego de quemas experimentales. El tipo de rebrotes resulta influenciado por las características del disturbio como intensidad y época, así como también por el tamaño de las plantas. Las especies con mayor banco aéreo de yemas generaron un elevado porcentaje de rebrotes epicórmicos en las quemas tempranas (al comienzo de la estación de fuego), consideradas de baja severidad (Fig. 2 A; Bravo *et al.* 2014). Las quemas tardías (al final de la estación de fuego) fueron de mayor severidad, eliminaron gran parte de las yemas aéreas, obligando a un rebrote basal. Sin embargo, la mortalidad al cabo de 4 meses fue relativamente baja (Fig. 2B). La mortalidad completa de la parte aérea (*top-kill*) es común en los ejemplares de menor diámetro y genera a un rebrote de la zona del cuello o a partir de órganos subterráneos (Fig. 3c). Este tipo de rebrote demanda un mayor tiempo que los rebrotes epicórmicos para regenerar la estructura aérea (Lloret 2004).

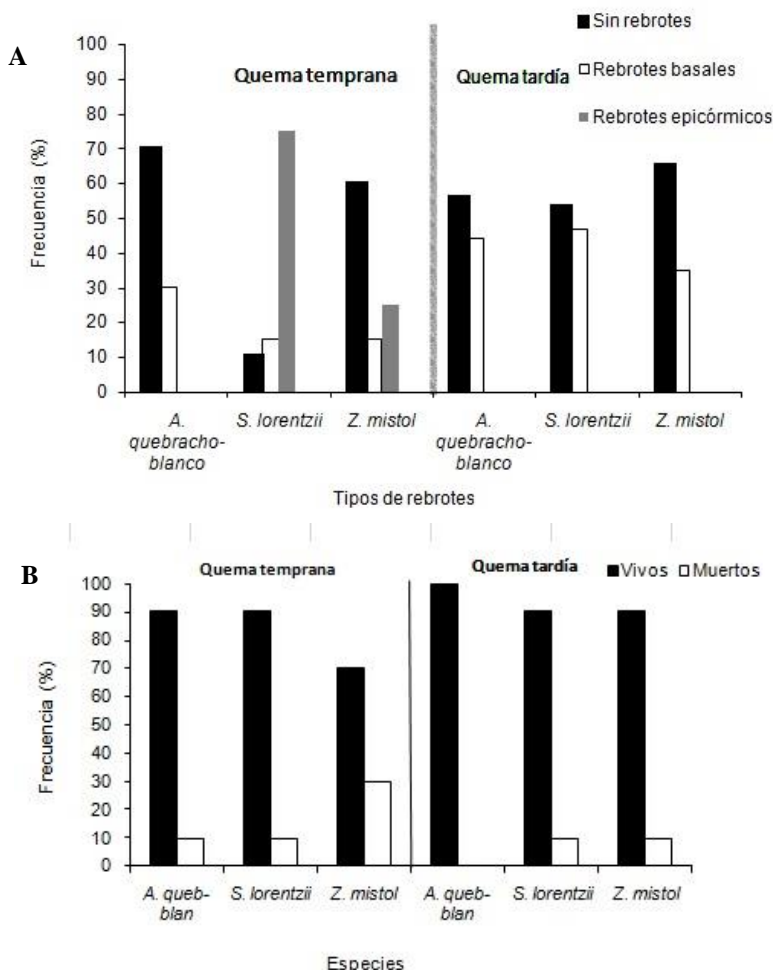


Figura 2. Frecuencia de rebrotes (A) y mortalidad postfuego (B) de 3 especies de leñosas arbóreas del Chaco Occidental, en quemas experimentales a diferentes épocas de la temporada de fuego. Quemias tempranas: julio, quemias tardías: octubre.

El rebrote basal, ha sido descripto también como el principal mecanismo de regeneración postfuego en especies de leñosas del Chaco Serrano de Argentina (Herrero *et al.* 2015), y es el tipo de rebrote predominante en especies de leñosas del estrato arbustivo del Chaco Occidental. Actualmente se evalúa el efecto de quemias experimentales en el patrón de rebrotes (número, longitud y diámetro) en ejemplares juveniles de 10 especies de leñosas nativas de bosques chaqueños, con el fin de establecer el efecto de comportamiento de fuego y severidad sobre la eficiencia de la estrategia rebrotadora (Fig. 3).



Figura 3. Evaluación de rebrotes basales a 9 meses de quema experimental en leñosas nativas del Chaco. **A.** *Capparis atamisquea* **B.** *Sarcomphalus mistol* **C.** *Schinopsis lorentzii* **D.** *Aspidosperma quebracho-blanco*.

El rolado es una práctica de manejo en áreas de bosques sujetas a explotación forestal y ganadera, consiste en el pasaje de un cilindro de hierro, con cuchillas, arrastrado por un tractor, que remueven el suelo y la vegetación que encuentra a su paso (Fig. 4 A, Anriquez *et al.* 2005). El objetivo principal de su aplicación es el control de la vegetación arbustiva para el establecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles (Kunst *et al.* 2012). La aplicación de rolados produce el tumbado, arrastre y eventualmente el descalce de las plantas juveniles (<5 cm de diámetro) de arbóreas y arbustivas. El descalzado de la planta completa es menor en ejemplares de menos de 2 m de altura y ante baja severidad del disturbio (una sola pasada de rolo). La regeneración vegetativa post-rolado es por rebrotes

basales, lo que modifica marcadamente el porte arbóreo, tornando necesarias prácticas como recepe, podas o conducción post disturbio, para asegurar el número mínimo de individuos que aseguren su incorporación a las clases de mayor diámetro y la cobertura forestal a largo plazo (Fig. 4 B; Gómez *et al.* 2009).



Figura 4. Manejo de bosques chaqueños con rolados **A.** Detalle de rolo adosado a tractor de pequeño porte **B.** Ejemplar de *Schinopsis lorentzii* bifurcado desde la base.

Las heridas que produce el rolo en los ejemplares de mayor diámetro, son similares a las cicatrices de fuego. Debido a la altura que se producen suelen afectar la base de las trozas de mayor valor comercial, pudiendo representar la vía de entrada a patógenos, con el consecuente deterioro de la madera (Gómez *et al.* 2009).

Se han observado diferencias significativas en el número promedio de rebrotes por planta entre especies arbustivas después de la aplicación de rolados, sin que existan efectos significativos de la intensidad del disturbio (alta intensidad=2 pasadas de rolo; baja intensidad=1 pasada de rolo (Fig.5 A). Kunst *et al.* (2009) encontraron un incremento en el número promedio de rebrotes por planta durante el año siguiente a la aplicación del rolado en *Acacia gilliessi*, *Capparis atamisquea* y *Celtis pallida*. El objetivo de reducción de volumen del estrato arbustivo para siembra de pasturas parece lograrse al año siguiente de la aplicación del rolado, aunque con una mortalidad significativa de *C. atamisquea* (22 %), a la

mayor intensidad de disturbio. (Fig. 5 A). La disminución del número promedio de rebrotes por planta al segundo año del rolado, sugiere la mortalidad significativa de una parte los rebrotes inicialmente formados, probablemente por competencia de recursos entre ellos, y el efecto combinado de las heladas y sequía (propias de la estación de receso de crecimiento). Los resultados obtenidos hasta el momento, remarcan la necesidad de mediciones de mortalidad secundaria, a mayor lapso de tiempo desde el disturbio para obtener una valoración certera. Aún no se han evaluado los efectos del rolado en el reclutamiento de las especies arbóreas de mayor valor forestal.

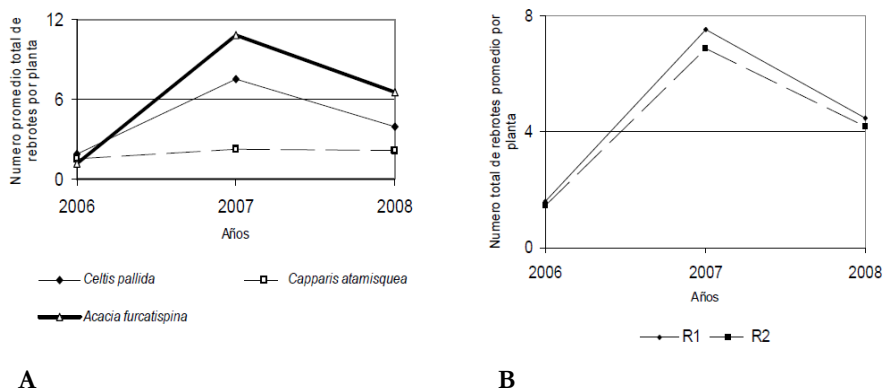


Figura 5 Efecto de rolados de baja (R1) y elevada (R2) intensidad, en especies arbustivas del Chaco de Argentina. **A.** Número promedio de rebrote por planta en *Celtis pallida*, *Capparis atamisquea* y *Acacia gilliesii* (Ex *A. furcatispina*). **B.** Número promedio de rebrotes por planta con R1 y R2. Tomado de Kunst *et al.* (2009).

El sinergismo entre el pastoreo y el fuego incrementan dominancia de especies secundarias, la frecuencia de ejemplares con espinas, el hábito de crecimiento arbustivo y la intensidad de rebrotes con respecto a bosques sin disturbios a lo largo de las últimas 3 décadas (Bravo *et al.* 2014b; Loto *et al.* 2016). A pesar del establecimiento de regeneración de las especies del dosel, *S. lorentzii* y *A. quebracho-blanco*, la ganadería estimuló el establecimiento por semillas de *P. nigra* o *V. aroma*, mediado por la dispersión endozoócica de sus frutos (Fig. 6).

Los cambios en el hábito de crecimiento de especies arbóreas, el incremento en la intensidad de rebrotes y en el nivel de espinescencia de las especies arbóreas y arbustivas, resultan indeseables en sistemas silvopastoriles porque limitan la accesibilidad al forraje y causan daño a los animales (Kunst *et al.* 2009). Tales cambios han sido observados dentro del área de estudio, en 3 de las especies arbóreas más representativas (*S. lorentzii*, *A. quebracho-blanco*, *S. mistol*) y en *Schinus sp.*, una de las especies arbustivas de mayor densidad en áreas degradadas por ganadería intensiva y fuegos (Bravo *et al.*, no publicado). Un Análisis de Correspondencia entre los rasgos funcionales mencionados y el tamaño de banco

de yemas en estas cuatro especies, en bosques en clausura por más de 3 décadas y en bosques disturbados por ganadería y fuego (Fig.1 A; 6 A, B), muestra la separación de sitios con diferente historia de disturbio. La clausura se asocia a especies con hábito de crecimiento arbóreo (*S. lorentzii* y *A. quebracho-blanco*) y ejemplares sin rebrotes y sin espinas. El eje 2, con una inercia de 21.53 % indica la separación de las especies por tamaño del banco de yemas, con *A. quebracho-blanco* y *S. mistol*, bajo y medio, respectivamente, y especies con un tamaño de banco de yemas alto (*S. lorentzii* y *Schinus sp.*). Estos resultados sugieren que los disturbios, desencadenan la expresión de las yemas incrementando la intensidad del rebrote y la espinescencia en especies de tamaño de banco de yemas. El análisis de tablas de contingencias indica que la espinescencia es el único rasgo con asociación significativa ($p < 0.0025$) entre sitios de estudio.

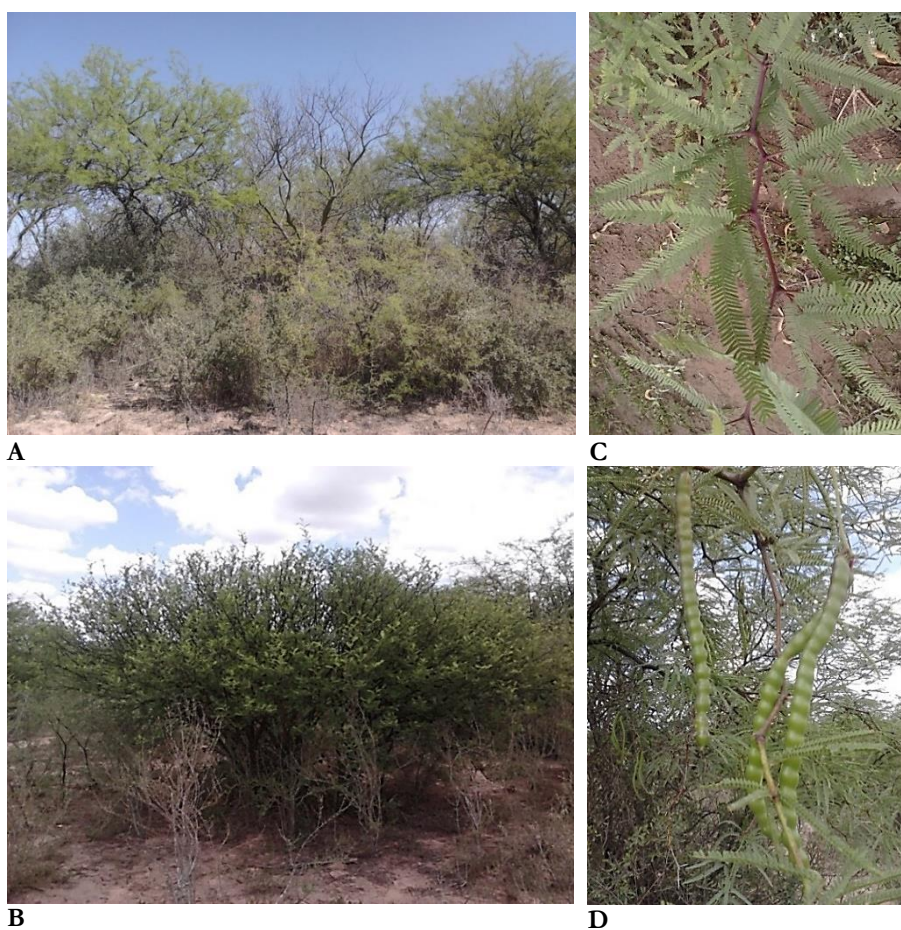


Figura 6. Bosque de dos quebrachos con ganadería y fuego, Chaco Occidental de Argentina **A.** vista general. **B.** Ejemplares de *Acacia aroma* **C** y **D.** Ejemplares de *Prosopis nigra*.

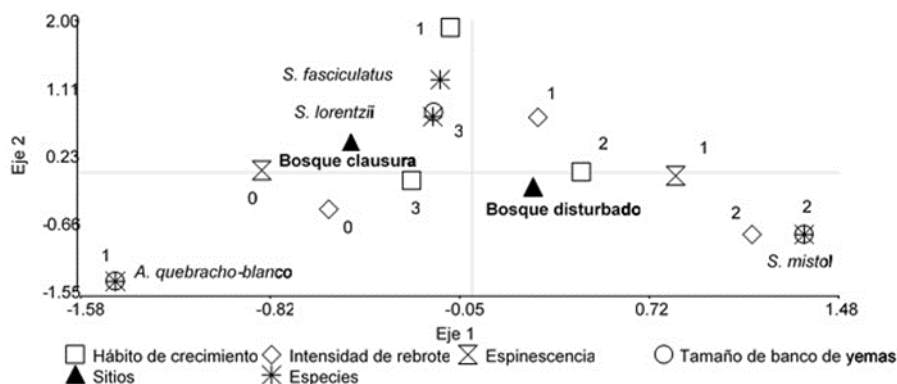


Figura 7. Análisis de correspondencia entre los rasgos funcionales de 4 especies de leñosas nativas del Chaco en bosques con diferente historia de disturbios. Hábito de crecimiento (1. subarbusto, 2. arbusto, 3. árbol), intensidad de rebrote 0: sin rebrotes 1: baja (< 7 rebrotes), 2. Alta (>7 rebrotes); espinescencia (0.sin espinas 1.con espinas), tamaño de banco de yemas (1. bajo, 2. medio, 3. alto) y especies: *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis lorentzii*, *Sarcomphalus mistol* y *Schinus sp.*

Los análisis del patrón de rebrotes y de espinescencia, son esenciales para valorar la respuesta a largo plazo del disturbio, como la producción de biomasa, la capacidad de retención, almacenamiento o pérdida de carbono (Clark *et al.* 2012), así como para estimar las consecuencias funcionales sobre la movilización de reservas hacia crecimiento y/o defensa (Tomlinson *et al.* 2015).

Loto *et al.* (2016) estudiaron la composición de especies y de rasgos funcionales de bosques chaqueños, en ambientes contrastantes en cuanto a la disponibilidad hídrica y al uso productivo (Chaco Occidental: Campo Experimental INTA Santiago del Estero y Chaco de transición con Yungas: Reserva Nacional Pizarro, Salta). Sobre un número total de 33 especies censadas, ambos sitios comparten sólo el 30 % de las mismas, encontrándose representadas entre ellas los principales componentes arbóreas y parte de las arbustivas de los bosques de dos quebrachos de Chaco Occidental (*S. lorentzii*, *A. quebracho-blanco*, *S. mistol*, *A. gilliessi*, *A. praecox*, *C. atamisquea*, *M. spinosa*, *P. nigra* entre otras). El Análisis de Correspondencia de rasgos funcionales en relación a la historias de disturbios de los sitios señaló a la consistencia foliar, la presencia de rebrotes y la espinescencia como los rasgos que mejor los diferencia (Fig. 8). Se observó asociación de hojas herbáceas, espinas leñosas y rebrote basal para el sitio con menor disponibilidad de agua y con mayor severidad de disturbios (INTA), mientras el área transicional con las Yungas (RN Pizarro), se caracterizó por hojas coriáceas, la ausencia de espinas y menor intensidad de rebrotes. El relevamiento en transectas para rasgos funcionales permitió captar una mayor afinidad florística entre ambos sitios de estudio, ya que permite identificar especies de leñosas de diámetros menores a los 10 cm, usualmente no consideradas en los relevamientos para estructura forestal.

Los estudios sobre el patrón de rebrotes y espinescencia requieren además, de un enfoque cuantitativo, ya que si bien se trata de rasgos de control genético, pueden responder al régimen de disturbios. Así también, se observó una importante variabilidad intraespecífica en la habilidad para rebrotar, que debería ser considerada en relación a la eficiencia de esta estrategia, en ambientes expuestos a disturbios (Moreira y Pausas, 2012). Identificar los grupos funcionales de leñosas en ambientes contrastantes contribuirá a valorar la participación relativa de cada uno de ellos en los principales procesos ecosistémicos, así como la capacidad de resiliencia frente a disturbios recurrentes, como plantean planes de manejo forestal dentro del área de este estudio.

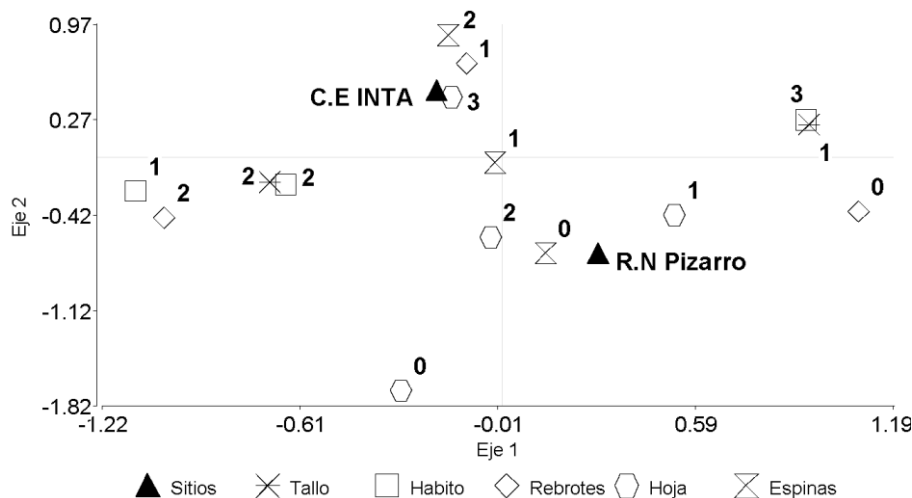


Figura 8. Análisis de correspondencias de rasgos funcionales de leñosas nativas del Chaco argentino, en sitios con diferente historia de disturbios (Campo Experimental Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de Santiago del Estero, Reserva Nacional Pizarro, Provincia de Salta). Rasgos y categorías: tallo (1: único; 2: múltiple), hábito de crecimiento (1: subarbusto, 2: arbusto, 3: árbol); intensidad de rebrotes (0: sin rebrotes, 1: < de 7 rebrotes, 2: > 7 rebrotes); consistencia foliar (1: coriácea, 2: intermedia, 3: herbácea); espinescencia (0: sin espinas, 1: espinas blandas, 2: espinas leñosas).

Hay indicios de que los incendios y la herbivoría pueden retroalimentar la recurrencia de disturbios, incrementando la inflamabilidad a través de modificaciones en la arquitectura de las plantas (Raffaele *et al.* 2011; Blackhall *et al.* 2012). Santacruz García *et al.* (no publicado) estudiaron en 11 especies de leñosas nativas del Chaco, rasgos funcionales vinculados a la inflamabilidad, en bosques bajo clausura y en bosques disturbados por rolados y fuegos. Los rasgos analizados en la etapa preliminar fueron: contenido de materia seca en hojas, contenido de materia seca en ramas, porcentaje de humedad en hojas, porcentaje de humedad en ramas, tiempo de secado, grado de ramificación, hábito de crecimiento y persistencia foliar. El grado de inflamabilidad fue determinado por el promedio de los valores obtenidos de cada variable, categorizados en 5 clases de inflamabilidad, siguiendo a Pérez Harguindeguy *et al.* (2013). Los rasgos estudiados indicaron que el 80 % de las especies presenta inflamabilidad de media a elevada, que la historia de disturbios de los sitios no produjo diferencias significativas en los atributos de los rasgos considerados, aunque se identificó una variabilidad estacional en la inflamabilidad. El análisis de coordenadas principales señaló al contenido de materia seca en hojas y el grado de ramificación como los rasgos más estrechamente relacionados a la inflamabilidad (Fig.9).

En el análisis de clúster, se identificaron 3 grupos de especies, uno de *inflamabilidad media* correspondiente principalmente a árboles caducifolios, otro de *inflamabilidad elevada*, correspondiente a arbustos, perennes, esclerófilos, espinosos, y el tercero, de inflamabilidad muy elevada compuesto exclusivamente por *S. gilliesii*. Estos últimos resultados, sugieren la importancia del hábito de crecimiento y la persistencia foliar en la inflamabilidad de las especies leñosas. Se han comenzado los ensayos para determinar inflamabilidad en laboratorio empleando un epirradiator (Jaureguiberry *et al.* 2011) y en quemas experimentales a campo, siguiendo Bravo *et al.* (2014) (Fig.10). Se espera conseguir con estas tres fases de estudios (rasgos funcionales, inflamabilidad en laboratorio y a campo) determinaciones más precisas y factores de ajuste para cada metodología, con el fin de generar información que guíe los planes de prevención y las actividades de extinción de incendios forestales en el ambiente chaqueño.



Figura 9. Rasgos foliares de especies de leñosas nativas del Chaco Occidental de Argentina. **A.** *Schinopsis lorentzii* **B.** *Aspidosperma quebracho-blanco* **C.** *Sarcomphalus mistol* **D.** *Schinus* spp. **E.** *Acacia gilliessi* **F.** *Castela coccinea* **G.** *Celtis* sp. **H.** *Capparis atamisquea* **I.** *Moya spinosa*.

La síntesis de compuestos bioquímicos que se almacenan en las plantas en condiciones naturales, como terpenos, fenoles, taninos, entre otros, pueden incrementarse bajo situaciones de estrés como incendios, aumentando la probabilidad de nuevos eventos (Ormeño y Fernández, 2012). En el desarrollo de una tesis doctoral en ejecución, se realizan estudios sobre compuestos bioquímicos inflamables de leñosas nativas del Chaco de Argentina,

particularmente de terpenos, fenoles, taninos, carotenos y clorofilas. Se seleccionaron protocolos internacionales para determinaciones de compuestos aromáticos y los análisis se llevan a cabo en los laboratorios del Departamento de Química, de la Universidad Federal do Paraná, Curitiba, Brasil y el Laboratorio de Antioxidantes y Procesos Oxidativos, CITSE, CONICET-UNSE.



Figura 10. Evaluación de inflamabilidad. **A.** Vista de epirradiator, según diseño de Jaureguiberry *et al.* (2011) **B.** Ensayo de inflamabilidad en laboratorio **C.** Quema experimental a campo **D.** Evaluación posquema experimental.

Los resultados preliminares en relación a la reproducción vegetativa postdisturbio en leñosas nativas sugieren la elevada resiliencia de las especies de bosques chaqueños a los disturbios tradicionales, propios del manejo productivo (Figura 3 A, B, C, D; Tálamo *et al.* 2013). Sin embargo, plantean la necesidad de estudios a mayor rango temporal que analicen la capacidad de regeneración de las especies, frente a perturbaciones recurrentes, como recomiendan los planes de manejo forestal propuestos a escala regional (INTA). Los cambios producidos en las últimas décadas por el uso no sustentable de los recursos naturales, justifican sobradamente el actual esfuerzo en el análisis y la comprensión de los procesos ecosistémicos, para asegurar la persistencia de los mismos y los servicios que brindan a la comunidad.

Regeneración por semillas en ambientes chaqueños

El banco de semillas en una comunidad vegetal es la reserva de semillas maduras viables en el suelo (banco de semillas del suelo, BSS) o en la planta (banco de semillas aéreo). La densidad y calidad de semillas en el banco es un factor esencial en la dinámica temporal de las comunidades vegetales y por lo tanto, su manejo y conservación son muy importantes para el mantenimiento de su diversidad florística y de la sustentabilidad de estas unidades de vegetación (De Souza *et al.* 2006).

La formación del banco de semillas se inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas (Jeffrey, 2005). La dispersión es un proceso influenciado por el tipo de unidad de dispersión (semillas aisladas o frutos completos), por la incidencia de animales, vientos y precipitaciones, que suelen contribuir a ubicarlas a gran distancia de la planta madre (Colombo Speroni y de Viana, 2000; Abraham *et al.* 2002; Abraham de Noir y Bravo, 2014). La germinación puede producirse inmediatamente a la dispersión o mediar entre ambas un lapso de tiempo, altamente variable entre las especies y determinante de la densidad de semillas dentro del banco (De Souza *et al.* 2006; Page *et al.* 2006). La dormición es un carácter que determina la germinación sólo bajo determinadas condiciones ambientales, por lo tanto, suele ser considerado un factor clave para el éxito en el establecimiento de nuevas plantas (Baskin y Baskin, 2004).

La viabilidad de las semillas de una especie y el tamaño de su BSS depende de aspectos genéticos, de las condiciones de enterramiento y hábitat y niveles de predación, ya que afectan el flujo de entrada de semillas en el suelo y la potencialidad de generar nuevos individuos (Alexander & Schrag, 2003). Por ello, la viabilidad de las semillas dentro del banco y la profundidad a la que se encuentran en el perfil del suelo son los criterios usados para clasificar los bancos de semillas en transitorios, permanentes a corto plazo y permanentes a largo plazo (De Souza *et al.* 2006). Los disturbios naturales y antrópicos pueden influir en la composición y persistencia de los bancos de semillas y por ende, en la dinámica de la regeneración por vía sexual. Los cambios que los disturbios imponen a la vegetación guardan relación con los cambios en la biomasa, la alteración del medio físico postdisturbio (disponibilidad de agua, perfiles térmicos y lumínicos) y con el volumen y persistencia de los bancos de semillas especies.

Casillo *et al.* (2012) comunicaron un efecto negativo del fuego en el reclutamiento por semillas de especies leñosas nativas del Chaco semiárido, aduciendo como causa directa la mortalidad de semillas y como causa indirecta la pérdida de mantillo que produce una mayor desecación del suelo. Frente a tratamientos de shock térmico de diferente intensidad, Jaureguiberry y Díaz (2015) categorizaron el comportamiento germinativo de 26 especies nativas del Chaco en a) *especies tolerantes*, b) *especies estimuladas* y c) *especies sensibles* al fuego, indicando que el 65 % de ellas corresponden a la primera de las categorías, el 27 % a la segunda y el resto a la tercera. Sin embargo, los ensayos en laboratorio distan ampliamente del

comportamiento a campo, tanto del fuego como de las semillas durante las fases de germinación y establecimiento de plántulas. Por lo tanto, es necesario correlacionar los patrones germinativos y tolerancias observados en laboratorio con lo que ocurre a campo luego de disturbios, para tener una idea más certera sobre sus efectos en la dinámica de la vegetación.

Tálamo *et al.* (2013), comunicaron que el aprovechamiento forestal genera micrositios dentro de bosques del Chaco semiárido, que suelen presentar diferencias notables en relación al ambiente físico circundante (suelo, luz y agua), que pueden conducir a dificultades en el establecimiento de renovales de las especies de leñosas nativas. Barchuck *et al.* (1998) informaron un mayor reclutamiento por semillas de *A. quebracho-blanco* en áreas protegidas respecto a aquellas sometidas a pastoreo extensivo y aprovechamiento forestal, sin plan de manejo. Los relevamientos a campo en ambientes del Chaco semiárido no indican una importante regeneración por semillas de especies de leñosas nativas, sobre todo aquellas zonas sometidas a pastoreo.

Sin embargo, los bancos de semillas de especies de leñosas de bosques del Chaco han sido escasamente estudiados. Abdala (2016) determinó el carácter transitorio del banco de semillas de un bosque del Chaco semiárido en clausura durante las 4 últimas décadas, con la localización de las semillas en los primeros 5 cm del suelo, incluyendo el mantillo subyacente. Estos resultados coinciden con los datos provenientes de bosques mediterráneos, donde las semillas se concentran en los primeros 2 cm del suelo (Piudo y Cavero, 2005). Abdala (2016) indicó que sólo el 43,75 % de las especies de leñosas presentes en la vegetación de un bosque chaqueño, se encontraron representadas en el BSS. Las características de las unidades de dispersión parecen influir en su capacidad de incorporación al suelo (Abraham y Bravo, 2014). Navall (2012) comunicó diferencias significativas en el aporte de hojarasca al suelo en bosques con diferentes historias de disturbios, representando esta fracción un reservorio importante de semillas, que no consiguen incorporarse al suelo por su tamaño o por otros rasgos exomorfológicos.

Ibáñez Moro *et al.* (2015) informaron diferencias significativas en la densidad de semillas en el suelo de bosques chaqueños bajo clausura (BC) y bosques disturbados (BD) por fuegos y rolados (Fig. 11). La densidad promedio de semillas en BC fue 1026 sem/m² mientras en BD fue de 465 sem/m², lo que sugiere un efecto de la remoción de biomasa producida por disturbios, sobre la densidad de semillas del suelo.

Así mismo, Ibáñez Moro *et al.* (2016) comunicaron una mayor densidad de semillas en hojarasca que en el suelo subyacente, tanto en BC como en BD, aunque la cantidad de hojarasca fue significativamente menor en este último. Estos resultados preliminares, de una tesis doctoral actualmente en ejecución, remarcan la importancia de la tolerancia al shock térmico y a la degradación ambiental de semillas de las especies de leñosas nativas del Chaco. El mantillo es la fracción que experimenta la marcada amplitud térmica diaria y estacional y la

extensa temporada de sequía que caracteriza al ambiente del Chaco. Así también, las mayores temperaturas durante incendios se registran a nivel del mantillo, lo que ha sido corroborado en quemas experimentales en las que se evaluaron los perfiles térmicos con termocuplas conectadas a datalogger (Bravo *et al.* 2014; Ledesma *et al.* 2018).

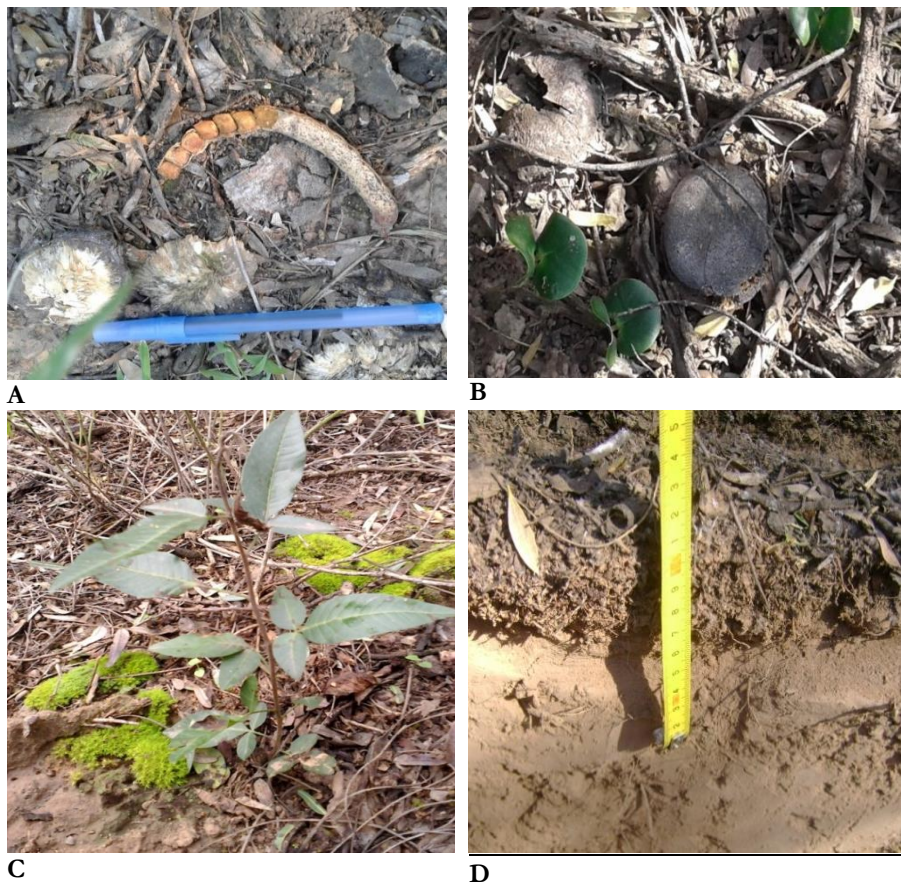


Figura 11. Evaluaciones de banco de semillas en ambiente de bosque chaqueño **A.** Unidades de dispersión en mantillo **B.** Plántulas de *A. quebracho-blanco* **C.** Plántulas de *S. lorentzii* **D.** Perfil del suelo y profundidad del banco de semillas.

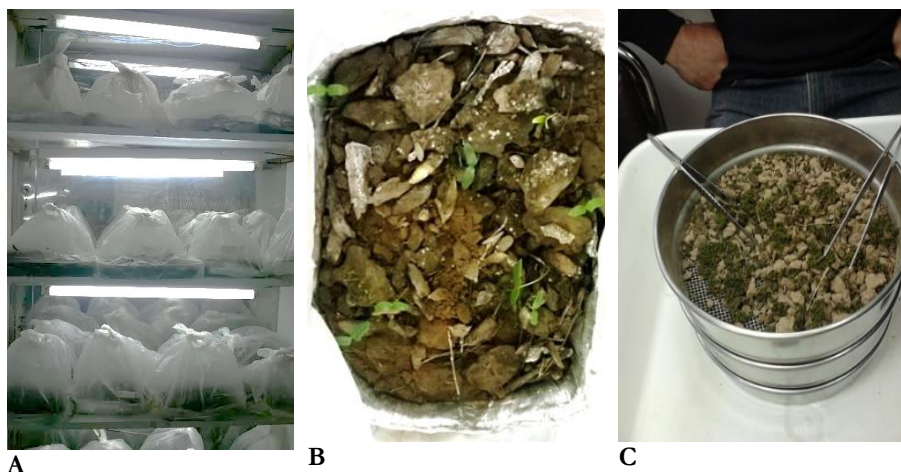


Figura 12. Tratamiento de muestras de bancos de semillas **A.** Cámara de germinación **B.** Muestra de banco para recuento de plántulas **C.** Tamizado de muestras para recuento de semillas no germinadas.

Actualmente se realizan los ensayos para pruebas de tetrazolio para determinar viabilidad de las semillas no germinadas (Fig. 13). Esto permitirá determinar mediante combinación de métodos indirectos (recuento de plántulas emergidas) y directos (tamizado, separación de semillas), el tamaño real del banco de semillas de *S. lorentzii*, *A. quebracho-blanco*, *S. mistol*, *P. nigra*, *V. aroma* y *S. gilliesii*.



Figura 13. Ensayos de viabilidad con Tetrazolium en semillas de *A. quebracho-blanco*

En el Laboratorio de Termobiología de la Universidad de Brasilia, se evalúan la tolerancia a shock térmico de las semillas de estas especies, con tratamiento en estufa con control de temperaturas (80, 120, 180 y 220°C) y ensayos de germinación. En el Campo Experimental de INTA, Santiago del Estero se encuentran en desarrollo ensayos de la tolerancia al fuego de las semillas de las 6

especies mencionadas mediante quemas experimentales, con cargas de combustibles controladas (Fig. 10 c). Para ello se dispusieron trampas de semillas en parcelas sometidas a quemas experimentales y parcelas testigo. Las trampas permiten identificar la respuesta al fuego de semillas de calidad conocida, controlar la predación y evaluar el reclutamiento cada 30 días. Se espera, con esta línea de investigación, brindar información necesaria para comprender la dinámica de la regeneración por semillas en ambientes del Chaco argentino.

Bibliografía

- Abdala, N. R. 2016. *Banco de semillas en el suelo de especies leñosas en un bosque nativo del Chaco semiárido*. Tesis. Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Abella, S.R.; L.P. Chiquoine; C.H. Vanier. 2013. Characterizing soil seed banks and relationships to plant communities. *Plant Ecol.* DOI 10.1007/s11258-013-0200-3.
- Abraham de Noir, F.; S. Bravo; R. Abdala. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Revista Quebracho* 9: 140-150
- Abraham de Noir, F. y S. Bravo. 2014. *Frutos de leñosas nativas de Argentina*. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. E-Book. ISBN 978-987-1676-19-4
- Adámoli, J.; Sennhauser, E.; Acebo, J. y Rescia, A. 1990. Stress and disturbance: vegetation dynamics in the dry Chaco region of Argentina. *J. Biogeography* 17: 491-500.
- Alexander, H.M. & Schrag, A.M. 2003. Role of soil seed banks and newly dispersed seeds in population dynamics of the annual sunflower, *Helianthus annuus*. *Journal of Ecology*, 91, 987–998.
- Anriquez A.; A. Albanesi; C. Kunst; R. Ledesma; C. López; A. Rodríguez Torresi y J. Godoy. 2005. Rolado de fachinales y calidad de suelos en el Chaco occidental, Argentina. *Revista Ciencia del Suelo* 23 (2) 145-157.
- Aráoz, E. y H. R. Grau 2010. Fire-Mediated Forest Encroachment in Response to Climatic and Land-Use Change in Subtropical Andean Treelines. *Ecosystems* 13: 992–1005.
- Araujo, P.; M. C. Iturre; V. H. Acosta; R. F. Renolfi. 2008. Estructura del bosque de La María EEA. INTA. Santiago del Estero. *Revista Quebracho* N° 16 p5-19.
- Barchuk, A. H., M. P. Díaz, F. Casanoves, M. G. Balzarini and U. O. Karlin. 1998. Experimental study on survival rates in two arboreal species from the Argentinian dry Chaco. *Forest Ecology and Management* 103: 203-210
- Barchuk, A. H.; E. B. Campos; C. Oviedo; M. del P. Díaz. 2006. Supervivencia y crecimiento de plántulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. *Ecología Austral* 16:47-61.
- Baskin, J. M. y C. C. Baskin 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16.
- Bistinas, I; D. Oom; A.C.L. Sá; S.P. Harrison; I.C. Prentice and J.M.C. Pereira 2013. *Relationships between Human Population Density and Burned Area at Continental and Global Scales*. PLoS ONE 8(12): e81188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081188>

- Blackhall, M. 2012. *Respuestas de especies leñosas a herbívoros e incendios en bosques y matorrales del noroeste de la Patagonia: estudio de la inflamabilidad vegetal*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue. Bariloche, Argentina.
- Boletta, P. E.; A. C. Ravelo; A. M. Planchuelo y M. Grilli. 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco *Forest Ecology and Management* 228 108–114.
- Brassiolo, M. M.; R.R. Renolfi; A. Gräfe y A. Fumagalli. 1993. Manejo Silvopastoril en el Chaco Semiárido. *Revista Quebracho*, (1) pp 15-28.
- Brassiolo, M. 2005. Los Bosques del Chaco Semiárido. *Revista IDLA Forestal XXI* año V N° 8. Pag. 23-28
- Bravo, S.; A. Giménez y G. Moglia. 2001. Efectos del fuego en la madera de *Prosopis alba* Griseb. y *P. nigra* (Griseb.) Hieron, Mimosaceae. *Bosque* 22 (1), 51–63.
- Bravo, S.; C. Kunst; y H. Grau. 2008. Suitability of the native woody species of the Chaco region, Argentina, for use in dendroecological studies of fire regimes. *Dendrochronologia* 26, 43–52.
- Bravo, S.; C. Kunst; R. Grau y E. Aróz., 2010. Fire-rainfall relationship in Argentine Chaco savannas. *J. Arid Environ.* 74, 1319–1323.
- Bravo, S.; C. Kunst; M. Leiva and R. Ledesma. 2014. Response of hardwood tree regeneration to surface fires, western Chaco region, Argentina. *Forest Ecology and Management* 326:36-45.
- Britos H. A. y A. H. Barchuk. 2008. Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, Vol XXV (2):97-110.
- Bucher, E. H. 1980. Ecología de la Fauna Chaqueña. Una Revisión. *ECOSUR*. Vol. 7. N°14,111-159.
- Bucher, E. H. 1982. Ecology of Tropical Savannas. *Ecological Studies*. Vol. 42. Springer, Berlin-Heidelberg. Nueva York
- Carranza, C. y M. Ledesma. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. *IDLA XXI* (8): 230-236
- Casillo, J.; C. Kunst & M. Semmartin. 2012. Effects of fire and water availability on the emergence and recruitment of grasses, forbs and woody species in a semiarid Chaco savanna. *Austral Ecology*, 37(4), 452–459. <http://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02306.x>
- Clarke, P. J.; M. J. Lawes; J. J. Midgley; B. B. Lamont; F. Ojeda; G. E. Burrows; N. J. Enright and K. J. E. Knox. 2013. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. *New Phytol*, 197: 19–35. doi:10.1111/nph.12001
- Colombo Speroni, F. y M. de Viana. 2000. Requerimientos de escarificación en semillas autóctonas e invasoras. *Ecología Austral*, 10 (2): 123- 131.
- Costanza, V. y C. E. Neuman. 1997. Managing cattle grazing under degraded forests: an optimal control approach. *Ecological Economics* 21:123–139
- De Souza Maia, M.; F. C. Maia y M. A. Pérez. 2006. Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia*, VOL. XXIII (1): 33-44.
- Delvalle, P. 2005. *Manejo de la regeneración natural de Prosopis sp. (Algarrobo sp.)*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Colonia Benítez
- Del Valle, P.; A. D' Agostini; C. Roig y O. Balbuena. 2005. *Tecnología en desarrollo para el manejo silvopastoril en el Chaco húmedo argentino*. www.produccion-animal.com.ar

- INTA. 2015 *Guía de prácticas recomendables para sistemas silvopastoriles en Santiago del Estero*. Producir carne y madera conservando el ambiente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Producción de Santiago del Estero.
- Giménez, A. M.; P. Hernández; R. Gerez y N. A. Ríos. 2007. Diversidad vegetal en siete unidades demostrativas del Chaco semiárido argentino. *Maderas y Bosques* 13:61-78.
- Gómez C. A. y S. M. Kees. 2009. Comportamiento de heliófitas y sombrívoras en el desarrollo sucesional del bosque del Chaco Húmedo, en J. H. Morello & A. F. Rodríguez (eds.). *El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro*, pp. 93-107. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires
- Grau, H. R.; N. I. Gasparri, and T. M. Aide. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of northwest Argentina. *Environmental Conservation* 32:140–148.
- Hernández, P. y A. M. Giménez. 2017. *Los bosques del Chaco Serrano Santiaguense. Propuesta metodológica. Los bosques actuales del Chaco semiárido argentino ecoanatomía y biodiversidad una mirada propositiva*. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Herrero, M. L.; R. Torres and D. Renison. 2016. Do wildfires promote woody species invasion in a fire-adapted ecosystem? Post-fire resprouting of native and non-native woody plants in central Argentina. *Environmental Management*:1-10
- Ibáñez Moro A. V.; R. Abdala; F. Ojeda y S. Bravo. 2015. *Metodologías para el estudio del banco de semillas de especies leñosas del Chaco*. XXXV Jornadas Argentinas de Botánica. Salta, Argentina.
- Ibáñez Moro A. V.; F. Ojeda; S. Bravo y L. Galetto. 2016. *Comparación del banco de semillas de especies leñosas nativas del Chaco en bosques con diferentes historias de disturbio*. Reunión Argentina de Ecología. Puerto Iguazú, Misiones. Argentina.
- Jaureguiberry, P.; G. Bertone and S. Díaz. 2011. Device for the standard measurement of shoot flammability in the field. *Austral Ecology* 36: 821-829. doi: 10.1111/j.1442-9993.2010.02222.x
- Jaureguiberry, P. & S. Díaz. 2015. Post-burning regeneration of the Chaco seasonally dry forest: germination response of dominant species to experimental heat shock. *Oecologia*, 177(3), 689–699. [http://doi.org/10.1007/s00442-014-177\(3\), 689–699](http://doi.org/10.1007/s00442-014-177(3), 689–699).
- Jeffrey, L. W; J. M. Baskin; C. C. Baskin and S. N. Hidayati. 2005. Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Science Research*. Vol. 15. Issue 03. September 2005, pp 189 - 196 DOI: 10.1079/SSR2005209, Published online: 22 February 2007
- Kunst, C; R. Ledesma; S. Bravo; J. Godoy; V. Navarrete. 2009. *Sistemas silvopastoriles en el Chaco Semiárido III: efecto del rolado sobre la estructura de especies arbustivas nativas*. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, pp. 1-7.
- Kunst, C.; S. Bravo; F. Moscovich; J. Herrera; J. Godoy y S. Vélez. 2000. Control de tusca (*Acacia aroma* Gill. Ap H. et Arn.) mediante fuego prescripto. *Revista Argentina de Producción Animal* 20 (3-4):199-213.
- Kunst, C.; R. Ledesma; S. Bravo; A. Albanesi; A. Anriquez; J. Godoy. 2012. Disrupting woody steady states in the Chaco region (Argentina): responses to combined disturbance treatments. *Ecological Engineering* 42: 42-53.
- Ky-Dembele C.; M. Tigabu; J. Bayala; S. J. Ouedraogo and P. C. Oden. 2007. The relative importance of different regeneration mechanisms in a selectively cut savanna-woodland in Burkina Faso, West Africa. *For. Ecol. Manage.* 243, 28-38.

- Ledesma, R; C. Kunst; S. Bravo; M. Leiva; L. Lorea; J. Godoy; V. Navarrete. 2018. Developing a prescription for brush control in the Chaco region, effects of combined treatments on the canopy of three native shrub species. *Arid Land Research and Management*: DOI 10.1080/15324982.2018.1430072
- Lloret, F; J. Peñuelas; M. Estiarte. 2005. Effects of vegetation canopy and climate on seedling establishment in Mediterranean shrubland. *J Veg Sci* 16:67–76.
- Lloret, F.; D. Siscart; C. Dalmases. 2004. Canopy recovery after drought dieback in holm-oak Mediterranean forests of Catalonia (NE Spain). *Global Change Biology* 10:2092-2099
- Loto, D.; S. Bravo; F. Brosovich Ojeda. 2016. *Composición y rasgos funcionales en dos comunidades de especies leñosas en el Chaco semiárido*. Reunión Argentina de Ecología. Puerto Iguazú, Misiones. Argentina.
- Moreira, B; J. G. Pausas. 2012. Tanned or Burned: The Role of Fire in Shaping Physical Seed Dormancy. *PLoS ONE* 7(12): e51523. doi:10.1371/ journal.pone.0051523
- Morello, J.; W. Pengue y A. F. Rodríguez. 2007. Un siglo de cambios de diseño del paisaje: el Chaco Argentino. En: S.D. Matteucci (Ed.), *Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y Países Sudamericanos*. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Morello, J. and J. M. Adámoli. 1968. *Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Primera parte: Objetivos y metodología*. Instituto de Botánica Agrícola, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.
- Mostacedo, B.; T. S. Fredericksen. 2001. Introducción, en Mostacedo B., Fredericksen T S. (Editores). *Regeneración y silvicultura de bosques tropicales en Bolivia*, Pp: 1-10.
- Navall, M. 2012. *Aporte de bojarasca en un quebrachal semiárido santiagueño bajo manejo silvopastoril*. II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Santiago del Estero, Argentina. Pp:1-6.
- Ormeño, E. y C. Fernandez. 2012. Effect of Soil Nutrient on Production and Diversity of Volatile Terpenoids from Plants. *Current Bioactive Compounds*, 8(1), 71–79. <http://doi.org/10.2174/157340712799828188>
- Page, M. J; G. S. Baxter; A.T. Lisle. 2006. Evaluating the adequacy of sampling germinable soil seed banks in semi-arid systems. *Journal of Arid Environments* 64 323–341.
- Pérez-Harguindeguy, N.; S. Díaz; S. Lavorel; H. Poorter; P. Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M. S., Cornelissen, J. H. C. (2013). New Handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 23(34), 167–234. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/BT12225>
- Piudo, M. J. y R. Y. Caverro. 2005. *Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo*. Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica, 16: 71-85.
- Raffaele, E; T. T. Veblen; M. Blackhall & N. Tercerobucardo. 2011. Synergistic influences of introduced herbivores and fire on vegetation change in northern Patagonia, Argentina. *J. Veg. Sci.*, 22:59-71.
- Tálamo, A.; S. M. Caziani. 2003. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 184 pp 79–92.
- Tálamo, A.; C. Trucco; S. Caziani. 2009. Vegetación leñosa de un camino abandonado del Chaco semiárido en relación a la matriz de vegetación circundante y el pastoreo. *Ecología Austral* 19:157-165.

- Tálamo, A.; J. López de Casenave and S. M. Caziani. 2012. Components of woody plant diversity in semi-arid Chaco forests with heterogeneous land use and disturbance histories. *Journal of Arid Environments* 85:79-85.
- Tálamo, A; J. López de Casenave; M. Núñez-Regueiro; S. Caziani. 2013 Regeneración de plantas leñosas en el Chaco semiárido argentino: relación con factores bióticos y abióticos en micrositios creados por el aprovechamiento forestal. *Bosque* 34(1): 53-62.
- Tomlinson, K. W.; F. J. Sterck; F. Bongers; D. A. Silva; E. R. M. Barbosa; D. Ward; F. T. Bakker; M. Van Kaauwen; H. T. Prins; S. de Bie; F. Van Langevelde. 2012. Biomass partitioning and root morphology of savanna trees across a water gradient. *J Ecol* 100:1113–1121