



CRECIMIENTO DE *PROSOPIS FLEXUOSA* D.C. EN EL CHACO ARIDO ARGENTINO, LUEGO DE LA ELIMINACIÓN DEL ESTRATO ARBUSTIVO

GROWTH OF *PROSOPIS FLEXUOSA* D.C. IN THE CHACO ARIDO ARGENTINO, AFTER THE ELIMINATION OF THE SHRUB LAYER

CARLOS A. CARRANZA*, L. PIETRARELLI**, M. LEDESMA*,
Y M. BALZARINI**

* Estación Forestal INTA Villa Dolores. Av. H Illia 303; CP 5870; Villa Dolores, Córdoba
intaforestal@vdolores.com.ar

** Facultad de Cs. Agrop. Univ. Nac. de Cba. Av. Valparaíso s/nº, Ciudad Univ. CP 5000, Córdoba

RESUMEN

Grandes áreas del Chaco Árido Argentino se encuentran hoy cubiertas por una estepa arbustiva de baja productividad económica, debido a su larga historia de tala y sobrepastoreo. Como una medida para aumentar la producción de forraje en forma sostenida varios autores proponen la eliminación del estrato arbustivo, respetando los componentes del estrato arbóreo. Esta práctica repercutiría en una mayor producción de forraje, pero no está suficientemente estudiado cómo afecta a los árboles.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la eliminación de arbustos sobre el crecimiento de *Prosopis flexuosa* DC, principal componente arbóreo de las actuales comunidades vegetales de la región.

Se trabajó en dos sitios del oeste de Córdoba. En ambos, en el año 1987, se eliminó el estrato arbustivo, en una par-

la de 12,5 ha en el primero y de 4 ha en el segundo (tratamiento de desarbustado), dejando igual superficie sin tratar (testigo) en cada caso. Se realizaron estudios dendroepidométricos en los años 1994 y 1995. Se distinguió entre árboles de diferentes clases diamétricas y condición ante la competencia intraespecífica. Se descontaron los factores del crecimiento ajenos al tratamiento. Mediante el cálculo de un modelo de crecimiento teórico se compararon las diferencias de crecimiento en área basal, real y teórica, entre tratamiento y testigos.

Se concluye que la eliminación de arbustos aumentó el crecimiento de área basal de los árboles en ambas parcelas, no manifestándose respuestas diferentes entre árboles de distinta clase diamétrica y condición de competencia intraespecífica. La respuesta al tratamiento difirió notablemente en ambos sitios, posiblemente debido a la diferente metodología empleada para la eliminación del sotobosque

(manual y mecánica) y a la siembra de una pastura de alta producción en uno de los casos.

Palabras clave: Sistemas silvo-pastoriles, eliminación de arbustos, *Prosopis flexuosa*, crecimiento individual

SUMMARY

Large areas of the Chaco Arido Argentino are presently covered by a shrubby steppe of low economic yielding owing to its prolonged history of felling and grazing. As a way to increase the production of fodder in a sustained way, several authors propose the elimination of the shrubby layer, respecting the components of the arboreous strata. This practice would produce a higher fodder yielding, but how it would affect the trees has not been sufficiently studied.

*The goal of the present work was to assess the effect of the elimination of the shrubby layer over the growth of *Prosopis flexuosa* D.C., the main arboreous component of the present vegetal communities of the region.*

The work was carried out in two sites west of Córdoba. The shrubby layer was eliminated in both of them, 12.5 ha in one plot and 4 h in the other, leaving the same amount of surface without treatment to control in each case.

During 1994 and 1995 we did dendroepidometric works. Difference was made between trees of different diametric classes and condition facing intra-specific competence. The growth factors foreign to the treatment were disregarded. Calculating the theoretic growth model

it was possible to compare the differences in growth in the basal, real and theoretic area between the treated plot and the control plot.

The conclusion was that the elimination of shrubs increased the growth of the basal area of the trees in both plots. There were not different responses among trees of different diametric class and condition of intra - specific competence. The response to the treatment was noticeably different in both sites, possibly because of the different methodology used to eliminate the understory (manual and mechanic) and to having sowed a high yielding pasture in one case.

Key words: Agroforestry systems, shrub elimination, *Prosopis flexuosa*, individual growth

INTRODUCCIÓN

El Chaco Árido Argentino ocupa una superficie cercana a los 6 millones de hectáreas (64° 30' a 67° 30' W - 28° 30' a 33° 00'S). Es la porción sudoeste del Gran Chaco Americano y su expresión más seca y menos productiva (Morello *et al.*, 1977; Karlin y Díaz, 1984). El clima es subtropical seco, con precipitaciones anuales medias que van de 350 mm en su extremo occidental, a 450 mm en el extremo oriental. La evapotranspiración potencial anual es de 1000 a 1200 mm. El recurso vegetal original está compuesto por un estrato arbóreo xerófilo, con *Aspidosperma quebracho blanco* (quebracho blanco) y *Prosopis spp* (algarrobos) como especies dominantes, un estrato arbustivo alto dominado por leguminosas y zigofiláceas y un estrato herbáceo donde

predominan gramíneas megatérmicas (Ragonese y Castiglioni, 1970). Los principales sistemas de producción son la ganadería extensiva de cría (vacuna y caprina) y la explotación forestal para producir leña y carbón (Zaffanella, 1986), integrando sistemas silvopastoriles con escasa tecnología.

El sobreuso de sus recursos naturales ha llevado a un progresivo empobrecimiento de la estructura vegetal en gran parte del territorio. En la actualidad alrededor del 90% de su superficie está ocupada por bosque de rehache, fundamentalmente de *Prosopis flexuosa* (algarrobo negro) y estepas arbustivas de baja productividad.

Para la rehabilitación de estas tierras hacia sistemas económicamente más productivos, numerosos autores han sugerido la eliminación del estrato arbustivo respetando los componentes del estrato arbóreo (Carranza, 1994; Grulke, 1994; Karlin *et al.*, 1989; Brassiolo *et al.*, 2000). Con un nuevo sistema, resultante de dos estratos, se pretende aprovechar las condiciones favorables que se producen bajo el dosel de los árboles para la producción de forraje (Tiedemann & Klemmedson, 1973; Virginia y Jarrell, 1983; Karlin y Díaz, 1984; Young, 1989; Vetaas, 1992 citado por Belsky, 1994; Bernhard-Reversat, 1982), eliminando la competencia del estrato menos productivo desde el punto de vista económico. Esta práctica produce en el corto plazo una fuerte colonización por especies forrajeras, principalmente gramíneas (Díaz, 1992; Karlin *et al.*, 1989; Díaz *et al.*, 1988; Renolfi *et al.*, 1995; Belsky, 1994). Si bien son numerosos los estudios sobre la respuesta del estrato herbáceo ante la

eliminación de arbustos, poco se conoce sobre la respuesta del estrato arbóreo ante este disturbio.

El crecimiento de los árboles y su regeneración natural se consideran dos buenos indicadores para predecir la sostenibilidad del sistema de dos estratos. En el presente trabajo se analiza el efecto que el tratamiento ejerció sobre el crecimiento de algarrobos negros, bajo dos modalidades de eliminación de arbustos: mecánico y manual, y con siembra posterior de pastura exótica en el primer caso y recuperación espontánea del pastizal natural en el segundo. Los datos sobre regeneración natural de arbóreas, se presentarán en un trabajo posterior.

Antecedentes en el uso de la dendrometría

Cuando las especies forman anillos de crecimiento en su leño su estudio brinda precisa información sobre crecimiento de las plantas y estructura de edades de la comunidad, permitiendo relacionar esas características con aspectos tales como disturbios (Krause y Morin, 1995; Payette *et al.*, 1996; Alfaro y Shepherd, 1991), clima (Payette *et al.*, 1996; Larsen y Mc. Donald, 1995; Tobi *et al.*, 1995), o patrones de regeneración y competencia (Abrams y Orwig, 1996; Duncan, 1991; Busse *et al.*, 1996). En *Prosopis flexuosa*, los estudios de la estructura del leño establecen que un arreglo circular de los vasos leñosos al comienzo del ciclo biológico, asociado a la presencia de una banda de tejido parenquimático terminal, constituyen la combinación anatómica relacionada con el comienzo y la finalización de los anillos de crecimiento (Villalba, 1988).

Cada valor de ancho de anillo puede ser modelado como un agregado lineal de distintos componentes. Ese valor es el resultado de la influencia climática, la influencia de posibles disturbios endógenos y exógenos del bosque, una tendencia de crecimiento propia de la especie y una componente aleatoria relacionada con la variabilidad anual no explicada por los factores anteriores (Villalba, 1988). Es posible estudiar la influencia de cada componente por separado sobre el crecimiento en un tiempo determinado, si se despeja adecuadamente el efecto de los demás componentes (Perpiñal *et al.*, 1993).

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El trabajo se desarrolló en dos sitios del oeste de la provincia de Córdoba:

Sitio I: Localidad de Las Oscuras, en un establecimiento ganadero, al borde de un bajo salino. El suelo es un Torriorthent típico, pH superficial 9 y conductividad eléctrica de 5-10 mmho/cm (Bachmeier y Buffa, 1986). Se trata de un bosque secundario de algarrobo, cuya última explotación data de alrededor de 40 años. En el año 1987 y mediante la utilización de topadora, se realizó la eliminación del estrato arbustivo y de algunos árboles que dificultaban el trabajo de la maquinaria, en una superficie de 12,5 ha. Se extrajo la madera gruesa y el material leñoso fino se juntó y se quemó. Luego se laboreó mecánicamente y se sembró *Cenchrus ciliaris* L. La cobertura del dosel arbóreo luego del tratamiento, fue de 25%, y la densidad de 100 árboles/ha.

Sitio II: Localidad de Chancaní, en la

Reserva Forestal Provincial “Chancaní”, con suelo Torrifluvent ústico, pH superficial 7 (Bachmeier *et al.*, 1988). Es un bosque secundario de algarrobo de 50 a 60 años de edad. En un sector de 4 ha, en el invierno de 1987, se eliminó con herramientas manuales la totalidad de los arbustos. La cobertura de la canopia arbórea luego del tratamiento, fue del 30% y la densidad de 120 árboles/ha. En este caso, no se laboreó el terreno ni se quemó y se dejó regenerar el pastizal natural.

En ambos sitios, adyacentes a las parcelas tratadas, se conservó igual cantidad de superficie sin tratamiento, que fue utilizada como área testigo.

Como parte de un proyecto de la Fac. de Cs. Agrop. (Univ. Nac. Córdoba), previo al tratamiento y durante los primeros dos años posteriores a la eliminación de arbustos, se midió la producción de materia seca de gramíneas (que representaron alrededor del 90% de la biomasa herbácea total) en los dos sitios (Tabla 1).

Tabla 1. Producción acumulada de Materia Seca de gramíneas (Kg M.S. ha⁻¹ año⁻¹) en los lotes desarbustados, previo al tratamiento y durante los dos primeros años posteriores al mismo. Fuente: Archivo de Área de Manejo de Agrosistemas Marginales; Fac. Cs. Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. (Inéditos)

Table 1: Accumulated production of gramineae dry material (kg M.S. ha⁻¹ año⁻¹) in the treatment and during the two first years after the same. Source: Archivo de Área de Manejo de Agrosistemas Marginales; Fac. Cs. Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, (unpublished)

SITIO	Año 0	Año 1	Año 2
1- Chancaní	900	1920	1200
2- Las Oscuras	500	511	1500

Los datos de ambos sitios se analizaron separadamente, constituyendo estudios de caso de las dos modalidades de desarbustado usuales en la zona: el mecánico, para productores ganaderos capitalizados, y el manual, realizado por campesinos que disponen de mano de obra familiar.

Toma de muestras de madera y análisis de datos de crecimiento

En “Las Oscuras”, en el año 1994, se extrajeron rodajas basales completas de doce árboles en el área desarbustada (luego se eliminó una muestra), y seis en el testigo. Entre los árboles del lote tratamiento, se diferenciaron dos clases de tamaño y dos situaciones de competencia intraespecífica, mientras en el testigo se tomaron muestras de tres árboles de cada clase de tamaño.

Para diferenciar las clases de tamaño, se tuvo en cuenta el diámetro del fuste a 20 cm del suelo (DAB), considerando clase mayor a los que presentaron DAB de entre 0,28 m y 0,33 m y menores entre 0,23 m y 0,25 m.

La situación de competencia para cada árbol, se calculó mediante un índice de diámetro/distancia ampliamente usado, que es la suma de las relaciones del DAB del árbol considerado y sus competidores, ponderado por la distancia a cada competidor (Hamilton, 1969; Daniels, 1976):

$$CI = \sum_{j=1}^n D_j / D_i / DIST_{ij}$$

Donde CI= índice de competencia;
 D_j = diámetro del árbol competidor j;

D_i =diámetro del árbol sujeto; $DIST_{ij}$ = distancia entre el árbol sujeto y el competidor j; n= número total de competidores.

Este índice resulta apropiado cuando la competencia se genera principalmente por factores edáficos (agua y nutrientes), siendo secundaria la competencia por luz, como ocurre normalmente en formaciones xerofíticas (Catalán, 2000). Se consideró una distancia crítica de 13 m de radio desde la base del fuste de cada árbol, a partir desde donde el crecimiento de un árbol se independizaría de la competencia con árboles vecinos (Catalán, 2000).

En Las Oscuras, al haberse removido algunos árboles debido a que el desmonte fue mecánico, los índices de competencia fueron menores que los encontrados en Chancaní. Debido a esto, se consideraron árboles creciendo en competencia cuando el índice fue mayor que 0,5; y en débil competencia si resultaba menor que 0,3.

En Chancaní, en el año 1995, se tomaron las muestras de madera. Por tratarse de área de Reserva Natural, no se apearon árboles, sino que se extrajeron muestras dendrológicas basales mediante un barrenno para maderas duras diseñado para tal fin. En el área desarbustada se muestrearon nueve árboles correspondientes a la clase mayor, definida de la misma forma que para el Sitio I y bajo dos condiciones diferentes de competencia intra-específica, diferenciadas a través del índice diámetro/distancia. En este caso, se consideró fuerte competencia si el índice superaba 0,7 y débil competencia por debajo de 0,3. En el área testigo se extrajeron muestras de barrenno de nueve árboles.

Las muestras de ambos sitios se secaron al aire, se lijaron y pulieron utilizando

13 tipos de lijas de granos entre nº 60 y 600. Se contó el número de anillos en dos radios, en el caso de las rodajas completas, y en uno en caso de las muestras extraídas con barreno, y se midieron los espesores de anillo mediante lupa binocular y máquina cuenta anillos de precisión de 0,01mm.(Perpiñal *et al.*, 1993)

El valor del ancho del anillo en el tiempo (IR), fue considerado como el resultado de cuatro componentes principales (Villalba, 1998):

$$IR = C + d + D + B + E \quad (1)$$

IR= Incremento radial

C= Efecto del Clima.

d= Disturbios endógenos del bosque, relacionados a interacciones entre los árboles.

D= Efecto de disturbios exógenos del bosque.

B= Crecimiento biológico propio de la especie.

E= Variabilidad anual de ancho de anillo no explicada por los factores anteriores.

En el caso de nuestro ensayo, nos interesa dilucidar cómo afectó al crecimiento el componente “D”, luego del disturbio que representó la eliminación de arbustos. Este componente afecta al crecimiento de los árboles en forma sincrónica, o sea se espera que se manifieste su influencia en todos los árboles. Es necesario despejar los otros factores que influenciaron el crecimiento.

El componente “C” (clima) de la ecuación (1) afecta por igual a tratamiento y testigo, ya que, para cada sitio, las par-

las tratamiento y testigo son contiguas y se compara la respuesta al tratamiento durante los mismos años calendarios. De esta manera, a los fines de este trabajo, se puede considerar que no es necesario despejar su efecto.

El componente “d”, afectaría las series de forma asincrónica. Se refiere a disturbios que afectan en forma individual a los árboles, como puede ser la caída de un vecino o una enfermedad. Para minimizar la variabilidad entre árboles debida a este término, se analizó el crecimiento individual de árboles en condiciones sanitarias similares y creciendo en estados de competencia semejantes desde el momento en que se efectuó el tratamiento.

Ante la imposibilidad de comparar árboles de la misma edad, por tratarse de formaciones naturales disetáneas, hubo que minimizar el efecto del factor “B”, que depende fundamentalmente de la edad de cada individuo. Para ello, no se compararon valores reales de crecimiento, sino diferencias entre incrementos de áreas basales corrientes reales (IACr), e incrementos de áreas basales corrientes teóricos (IACt) que se produjeron luego de la eliminación de arbustos. Para calcular el IACt, se ajustaron curvas de crecimiento radial individuales de los árboles hasta el momento del desarbustado (año 1987) y se proyectó el crecimiento teórico para los años post tratamiento (1987 - 1994 para el Sitio I y 1987 - 1995 para el Sitio II).

Para calcular el crecimiento teórico, como primera medida, fue necesario maximizar el efecto de “B” mediante un suavizado de las curvas de crecimiento individuales hasta el año del tratamiento (1987). Se utilizó un filtro no lineal publi-

cado por Cleveland *et al.* (1979), denominado 43RSR2H doble. Este filtro de baja frecuencia, retiene sólo las variaciones de períodos largos, en este caso aquellas derivadas de las características biológicas de la especie. Para modelar la curva de incremento radial anual de cada árbol en función del crecimiento alcanzado en el tiempo t , se utilizó la forma integrada de la ecuación de Von Bertalanffy modificada por Richards (1959):

$$IRA = A (1 + B \exp(-kt))^{1/(1-m)}$$
 para $m > 1$

$$IRA = A (1 - B \exp(-kt))^{1/(1-m)}$$
 para $m < 1$

IRA= incremento radial acumulado en el tiempo t .

A= asíntota, valor de IRA cuando t tiende a infinito.

B= constante de integración, relacionada a los valores iniciales.

k= parámetro relacionado con la velocidad de crecimiento.

m= parámetro de generalización del modelo o parámetro de forma.

La inclusión del parámetro m , otorga flexibilidad al modelo para adecuarse a las formas de crecimiento de árboles individuales, ya que árboles de la misma especie pueden tener incrementos radiales que comienzan a declinar en distintos momentos de su vida (distintos valores del punto de inflexión).

Este modelo fue ajustado para *Prosopis flexuosa* por Balzarini *et al.* (1996), usando técnicas de regresión no lineal.

Una vez obtenidos los parámetros y en base al modelo, se calculó el IRCt de cada árbol para los 7 años inmediatamente posteriores al desmonte, se calculó el Incremento Areal Corriente teórico (IACt), definido como: $IACt = (IRA_{t_N})^2 p - (IRA_{t_{N-1}})^2 p$. De la misma manera se calculó IACr. Se realizó ANOVA de medidas repetidas de las diferencias IACr - IACt (SAS, 1982), desde el año de tratamiento hasta el de toma de muestras.

RESULTADOS

En la localidad de Las Oscuras (Sitio I), las curvas de crecimiento de los árboles del lote desarbustado y del lote testigo difirieron significativamente, con medias superiores para el lote desarbustado durante los siete años posteriores a la interacción (Figura 1). La curva del monte tiene una pendiente cercana a 0, lo que indica una buena calidad predictiva del método de ajuste de crecimiento teórico.

La curva de medias de los árboles del lote desarbustado, no está condicionada sólo por el tratamiento. Presenta una fuerte pendiente positiva hasta el segundo año, para luego decaer hasta el séptimo año, aunque siempre la diferencia IACr - IACt se mantiene por encima de los valores de los árboles del testigo. Esta diferencia de comportamiento a través del tiempo y la diferencia entre la forma de las curvas, se pone de manifiesto en el análisis estadístico mediante valores significativos para el factor tiempo ($P > F = 0,0001$) y para la interacción tratamiento-tiempo ($P > F = 0,0001$).

El análisis factorial para la comparación entre crecimiento de las dos clases de

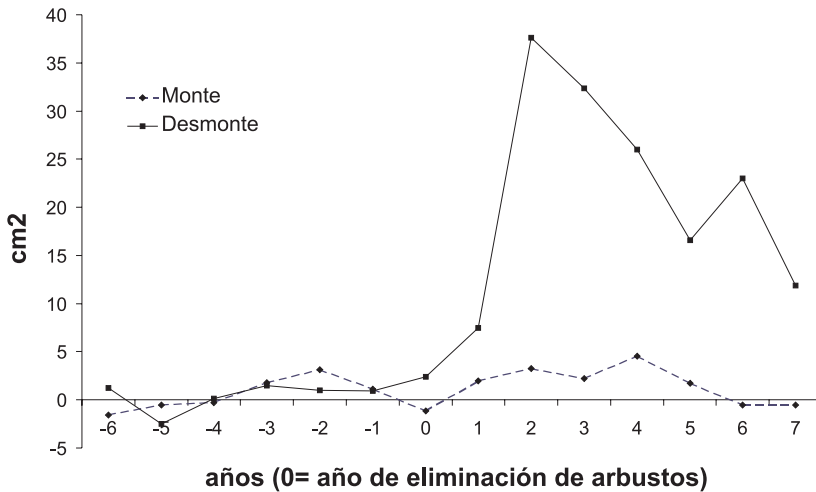


Figura 1. Diferencia entre el Incremento de Área Corriente real y el Incremento de Área Corriente teórico (IACr - IRAt) para los árboles del lote desarbustado y el lote de monte en la localidad de Las Oscuras. ($P > F = 0,001$ para ANOVA de medidas repetidas)

Figure 1. Difference between the Increase of the Real Current Area and the Increase of the Theoretic Current Area (IACr - IRAt) for the trees from the cleared and non-cleared plots at the locality of Las Oscuras ($P > F = 0.001$ for the ANOVA of repeated measures)

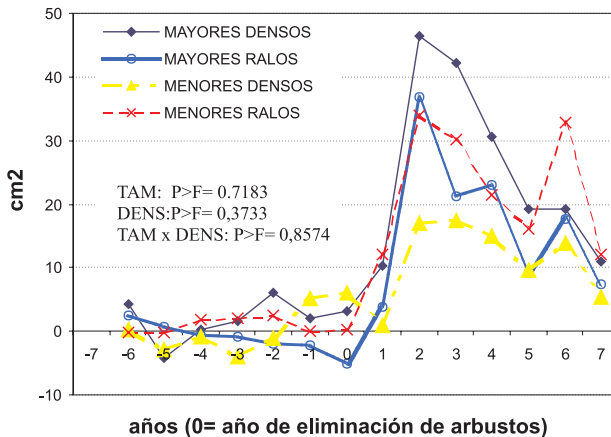


Figura 2. Diferencia entre el Incremento de Área Corriente real y el Incremento de Área Corriente teórico (IACr - IAct) para los árboles del lote desarbustado de diferente clase de tamaño y bajo diferentes condiciones de competencia intraespecífica, en la localidad de Las Oscuras. Los valores de $P > F$, corresponden a un análisis factorial de medidas repetidas

Figure 2. Difference between the Increase of the Real Current Area and the Increase of the Theoretic Current Area (IACr - IAct) for the trees from the plot cleared of shrubs of different size classes and under different conditions of intra-specific competence at the locality of Las Oscuras. The $P > F$ values correspond to a factorial analysis of repeated measures

tamaño y los dos niveles de densidad de los árboles del lote desarbustado, no mostró diferencias estadísticamente significativas. El perfil de las curvas respondió sólo al factor tiempo ($p > F = 0,0001$) (Figura 2).

En la localidad de Chancaní (Sitio II), la diferencia IACr - IACt, fue significativamente superior en los árboles del lote desarbustado, con $P > F = 0,096$ (Figura 3). La curva de los árboles del lote desarbustado muestra una reacción menos marcada en los primeros años posteriores al tratamiento que en el Sitio I y una

pendiente positiva hasta el sexto año, siendo la diferencia IACr - IACt levemente creciente. Puede observarse que los árboles del testigo también presentaron pendiente positiva, es decir que, en este caso, el modelo subestimó el crecimiento durante los años que siguieron al tratamiento. No fue significativo el factor tiempo, por lo que el perfil de las curvas respondió exclusivamente al tratamiento para el intervalo analizado. Al igual que en el Sitio I, dentro del lote tratado, no difirieron los árboles bajo diferente condición de competencia (Figura 4).

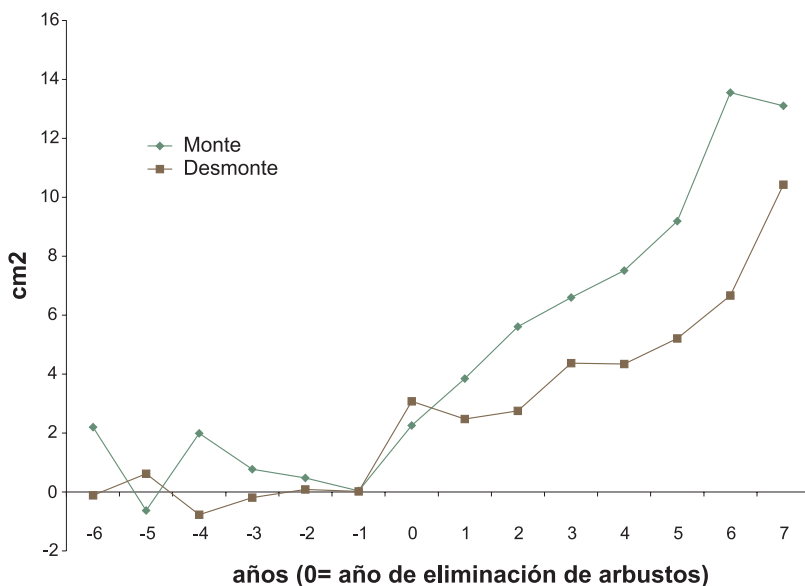


Figura 3. Diferencia entre el Incremento de Área Corriente real y el Incremento de Área Corriente teórico (IACr - IACt) para los árboles del lote desarbustado y el lote de monte en la localidad de Chancaní. ($P > F = 0.0960$) para ANOVA de medidas repetidas)

Figure 3. Difference between the Increase of the Real Current Area and the Increase of the Theoretic Current Area (IACr - IRA) for the trees from the cleared and non-cleared plots at the locality of Chancani ($P > F = 0.960$ for the ANOVA of repeated measures)

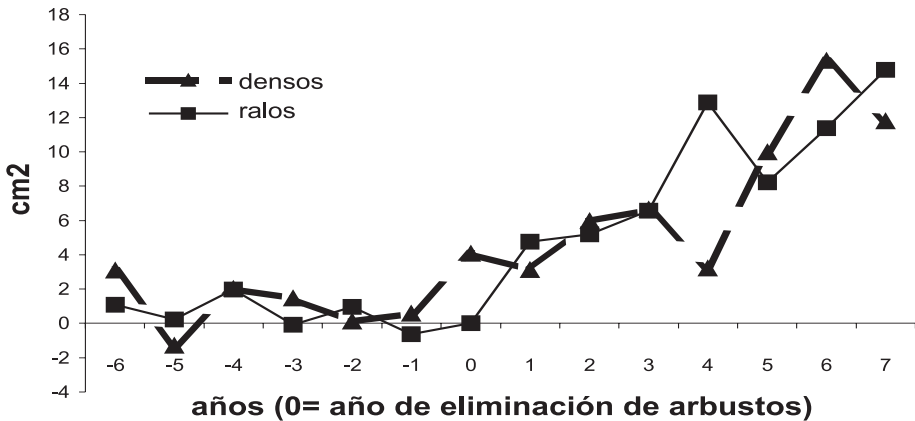


Figura 4. Diferencia entre el Incremento de Área Corriente real y el Incremento de Área Corriente teórico (IACr - IACT) para los árboles del lote desarbustado bajo diferentes condiciones de competencia intraespecífica, en la localidad de Chancaní. ($P > F = 0.9629$ para ANAVA de medidas repetidas)

Figure 4. Difference between the Increase of the Real Current Area and the Increase of the Theoretic Current Area (IACr - IACT) for the trees from the cleared plot under different conditions of intra-specific competence at the locality of Chancaní ($P > F = 0.9629$ for the ANOVA of repeated measures)

DISCUSIÓN

En comunidades vegetales espontáneas pluriespecíficas, una especie establece complejas interrelaciones inter e intra-específicas, que devendrán en facilitación o competencia, según prevalezcan los efectos positivos o los negativos.

En nuestro trabajo, se midió el efecto de la eliminación de un estrato de la comunidad, sobre los individuos del estrato arbóreo, pero no se realizaron mediciones sobre las variables (cambios en el ciclo de nutrientes, del agua, etc.) que pudieron originar ese efecto. Así, no es posible dilucidar en qué medida cada una de las variables modificadas, produjeron ese efecto.

Al eliminar parte de la vegetación, se produjeron dos situaciones que afectaron la producción de la vegetación remanente en una misma dirección:

- Se libró a la comunidad de algunos competidores por los recursos disponibles.
- Se produjo una liberación abrupta de nutrientes al sistema, a partir de la descomposición del material vegetal muerto.

Se descarta un efecto determinante del factor luz, ya que al medirse la respuesta sobre árboles adultos del estrato superior, la eliminación de arbustos no repercutió sobre su incidencia.

Encontramos escasos antecedentes sobre la naturaleza e intensidad de la competencia que pueda existir entre árboles y arbustos en la región estudiada. Catalán (2000), trabajando en parcelas de repoblación post-agrícola en Chancaní, encuentra pobre participación de la competencia arbustiva como variable explicativa en modelos de crecimiento de *Prosopis flexuosa*. A partir de un trabajo desarrollado en las mismas parcelas desarbustadas de Chancaní, Barchuk *et al.* (1993), describen cambios en la fenología de *Prosopis flexuosa* luego de la eliminación de arbustos, concluyendo que los estratos arbustivo y herbáceo ocasionan un impacto temporalmente diferente sobre el abastecimiento de recursos. Diversos autores, para otras comunidades, encuentran manifestaciones asimétricas de la competencia entre los componentes arbóreos, dominantes, que se comportan en forma generalmente independiente y las especies subordinadas del sotobosque, que mantienen normalmente relaciones de competencia asimétrica entre sí y con las especies del estrato superior. (Kubota y Hara, 1995; Duncan, 1991; Callaway, 1997).

El aprovechamiento de los espacios y nutrientes liberados por la eliminación del estrato arbustivo, son ocupados por la vegetación remanente, en nuestro caso de los estratos herbáceo y arbóreo, estableciéndose con el tiempo nuevas interrelaciones entre ellos.

Modelos que explican la coexistencia de árboles y pasto en sabanas tropicales, sugieren que éstos minimizan su competencia por agua, al explorar los pastos los horizontes superficiales, mientras los ár-

boles tienen raíces superficiales y profundas (Walter, 1971; Walker & Noy Meir, 1982 citado por Belsky, 1994). En tanto, Belsky (1994) encontró superposición de los horizontes explorados entre *Acacia tortilis* y pastos en África, y Sala *et al.* (1989) entre leñosas y hierbas en Patagonia. De este modo, la competencia entre árboles y pastos podría volverse intensa en ciertos momentos, especialmente cuando los recursos se vuelven más escasos. Para varias especies del género *Prosopis* se menciona un doble sistema radical: uno profundo vinculado a la presencia de napas freáticas, y otro superficial, explorando el mismo horizonte que las hierbas acompañantes (Virginia *et al.*, 1986). En el área desarbustada de Chancaní, Vega Gentile (1988) calculó el balance hídrico bajo y fuera del dosel de *Prosopis flexuosa*, concluyendo que en la época de lluvias los algarrobos consumían agua y nutrientes de los mismos horizontes explorados por las gramíneas.

En nuestro caso, tanto la producción de pastos como las curvas de crecimiento individual de los árboles de los dos sitios estudiados difirieron notablemente en cuanto a la velocidad de respuesta. Esto, seguramente, se debió a las distintas técnicas de desmonte utilizadas en cada caso y a la siembra de un pasto de alta producción de biomasa en Las Oscuras. El desmonte mecánico y roturación del suelo en este lote, hizo que el material vegetal y la ceniza proveniente del quemado, se fragmentara y mezclara con la capa superior de suelo, favoreciendo una más rápida descomposición de la materia orgánica. El estrato herbáceo original fue eliminado por el laboreo, por lo cual, el *Cenchrus ciliaris* (Buffel grass) sembrado durante

el primer año, tuvo que colonizar su espacio partiendo de la condición de plántula. Así, el primer año produjo una biomasa igual a la que producía el estrato herbáceo previamente al tratamiento, incrementándose fuertemente recién desde el segundo año, en el cual la producción se triplicó (Tabla 1). Los árboles que permanecieron en el terreno con su sistema radical ya desarrollado, tuvieron ventajas para el aprovechamiento inicial de los recursos libres. De este modo, la rápida disponibilidad de nutrientes, manteniéndose estable la producción del estrato inferior, se manifestó en la curva de diferencia entre crecimiento real - crecimiento esperado, mediante una fuerte pendiente positiva hasta el 2º año post tratamiento, para luego decrecer. Esto haría pensar que a partir del establecimiento del Buffel grass, la competencia entre pasto y árboles se hizo más intensa, sumado al hecho de la inmovilización de nutrientes a partir del mayor crecimiento de los árboles el primer año. Hasta el final del experimento los valores de la diferencia entre crecimiento real y esperado del lote tratado superaron significativamente a los del testigo, pero se hubieran necesitado más años de observación para conocer hasta qué punto la incorporación de una pastura de alta productividad puede o no comprometer la producción de los algarrobos.

En Chancaní, entre tanto, al eliminarse los arbustos en forma manual, el impacto inicial fue mucho menor. Las hierbas espontáneas, mayoritariamente gramíneas, permanecieron en el terreno con su sistema radicular intacto, por lo cual se estableció una competencia por los recursos libres entre árboles y hierbas

desde el inicio de la experiencia. Aquí, las gramíneas duplicaron en el transcurso de un año la producción de biomasa, manteniéndose a partir de allí la producción a niveles superiores al de la situación previa a la eliminación de arbustos (Tabla 1). La diferencia entre el crecimiento observado y el crecimiento esperado en los árboles del lote tratado fueron significativamente mayores al de los árboles del testigo, pero la respuesta fue mucho más gradual que en Las Oscuras y creciente hasta el sexto año.

No se manifestaron diferencias en la respuesta al tratamiento atribuibles a tamaño inicial de los individuos ni a situación de competencia intraespecífica. Para Petersen *et al.* (1988), la competencia por agua del suelo entre pastos, arbustos y árboles, incrementa el stress en los árboles jóvenes durante períodos secos, pero puede tener un impacto insignificante en la producción de biomasa si la duración del stress es corto. En nuestro caso, que no se manifestaran diferencias, puede ser atribuible a que para el período analizado los recursos no fueran limitantes, habiendo tenido los árboles menores igual habilidad que los mayores para capturarlos. Quizá una situación diferente se hubiera suscitado si a la eliminación de arbustos hubiera sucedido un año anormalmente seco, sobre todo en Chancaní, en que la presencia inicial del estrato herbáceo hubiera competido fuertemente por agua, al ser los pastos más eficientes en el aprovechamiento de humedad en los horizontes superiores y disminuir el agua que podría llegar al subsuelo. El año en que se implementó el tratamiento tuvo precipitaciones superiores a la media histórica y el segundo año fueron algo menores, pero

en general puede considerarse que los valores fueron normales (Figura 5). No se dispone de los datos de precipitación de los dos últimos años.

En síntesis, nuestro trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones:

- La práctica de desarbustado, aumentó el Incremento Radial Corriente de los algarrobos en los dos sitios de estudio.

- La respuesta de los árboles de los lotes tratados, fue diferente para los dos sitios, probablemente debido a diferencia en el método utilizado para la eliminación de los arbustos.

- No se manifestaron respuestas diferentes entre árboles de diferente tamaño ni entre árboles que crecían en distintas condiciones de competencia intraespecífica. Posiblemente a partir de que los recursos no fueron limitantes durante el tiempo de medición, árboles de diferente condición presentaron igual habilidad para capturar recursos.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAMS, M.D. & D.A. ORWIG, 1996. A 300-year history of disturbance and canopy recruitment for co-occurring white pine and hemlock on the Allegheny Plateau, USA. *J. Ecol. Oxford: Blackwell Science Ltd.* 84 (3): 353-363.

ALFARO, R. & R.F. SHEPHERD, 1991. Tree-ring growth of interior Douglas-fir after one year's defoliation by Douglas-fir tussock moth. *For. Sci. Bethesda, Md: Society of American Foresters.* 37 (3): 959-964.

BACHMEIER, O. y E. BUFFA, 1986. Caracterización de los suelos de la Reserva Forestal Chancaní y de la localidad de Las Oscuras. Documentos de Cátedra de Edafología, Fac. de Cs. Agropecuarias, Univ. Nac. de Córdoba. Inédito.

BACHMEIER, O. y E. BUFFA, 1988. Variabilidad espacial de un suelo bajo vegetación de *Prosopis* sp. En: *Actas XII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.*

BALZARINI, M., E. PERPIÑAL, L. PIETRARELLI y L. CATALÁN, 1996. Crecimiento de *Prosopis flexuosa* en montes naturales. Modelización de los efectos de temperatura y precipitación sobre el ancho de anillos. Documentos de Cátedra de Estadística, Fac. Cs. Agropecuarias Univ. Nac. de Córdoba. Inédito. 34 pp.

BARCHUK, A. H., N. A. MARIANO. y A. B. GIORGETTA, 1993. Efecto del estrato arbustivo sobre la dinámica de nutrientes (N, P y K) y fenología de *Prosopis flexuosa* DC en el Chaco Árido (Argentina). Documentos de Cátedra de Ecología Agrícola, Fac. de Cs. Agropecuarias, Univ. Nac. de Córdoba. 25 pp.

BELSKY, A. J., 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology* 75 (4): 922-932.

BERNHARD REVERSAT, F., 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos* 38: 321-332

BUSSE, M.D., P.H. COCHRAN & J. W. BARRETT, 1996. Changes in ponderosa pine site productivity following removal of understory vegetation". *Soil. Sci. Soc. Am. Jour. [Madison, Wis.] Soil Science Society of America.* v. 60 (6): 1614-1621.

- CALLAWAY, R. M. & R. W. LAWRENCE, 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78 (7): 1958-1965.
- CARRANZA, C. A., 1994. Los sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido Argentino. En *Anales 1º Congreso brasileiro sobre sistemas agroflorestais, 1º Encontro sobre sistemas agroflorestais nos países do mercosul*. V. 1: 173-182.
- CATALÁN, L A., 2000. Crecimiento leñoso de *Prosopis flexuosa* en una sucesión post- agrícola en el Chaco Árido: efectos y relaciones de distintos factores de proximidad". Tesis para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Biológicas, Fac. Cs. Ex. F. y Nat. - Univ. Nac. de Córdoba.
- CLEVELAND, W., D. DUNN & I. TERPENNING, 1979. SABL-A Resistant seasonal adjustment procedure with graphical methods for series. Ed. A. Zellner US Dep. of Commerce Bureau of Census.
- DANIELS, R F., 1976. Simple competition indices and their correlation with annual loblolly pine tree growth. *For. Sci.* 22: 454-456.
- DÍAZ, R O., U. O. KARLIN y C. CARRANZA, 1988. Evaluación de la productividad animal de un Sistema Silvopastoril en el Bache Forrajero". En X Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical. Grupo Chaco. Ed. INTA. pp 49.
- DÍAZ, R O., 1992. Recuperación y Manejo de los Recursos Forrajeros. En: *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas*. Cap. 5 pág. 26-29.
- DUNCAN, R.P. 1991. Competition and the coexistence of species in a mixed podocarp stand. *J. Ecol. Oxford, Blackwell Scientific*. v. 79 (4): 1073-1084.
- FOWLER, N., 1986. The role of competition in plant communities in arid and semi-arid regions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17: 89-110
- GRULKE, M., 1994. Propuesta de manejo silvopastoril en el Chaco Semiárido. *Quebracho* 2.:5-13.
- HAMILTON, G J., 1969. The dependence of volume increment of individual trees on dominance, crown dimensions, and competition. *Forestry* 42: 133-144
- KARLIN, U. y R.O. DÍAZ, 1984. Potencialidad y Manejo de Algarrobos en el Árido Subtropical Argentino". SECyT, Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables. 50 pp.
- KARLIN, U., C. CARRANZA y R. O. DÍAZ, 1989. Manejo silvopastoril. En: *Prosopis en Argentina*. Cap IV, Fac. Cs. Agropecuarias (Ed.) UNC. 13 pp.
- KRAUSE, C. y H. MORIN, 1995. Changes in radial increment in stems and roots of balsam fir [*Abies balsamea* (L.) Mill.] after defoliation by spruce budworm. *For-chron. Ottawa : Canadian Institute of Forestry*. v. 71 (6): 747-754.
- KUBOTA, Y. & T.HARA, 1995. Tree competition and species coexistence in a sub-boreal forest, northern Japan. *Ann. Bot. London, New York: Academic Press*., 76 (5): 503-512.
- LARSEN, C.P.S. & G. M. MAC DONALD, 1995. Relations between tree-ring widths, climate, and annual area burned in the boreal forest of Alberta. *Can. Jour.For. Res. Ottawa, National Research Council of Canada*. 25 (11): 1746-1755.

- MORELLO, J., J. PROTOMASTRO, L. SANCHOLUZ y C. BLANCO, 1977. Estudio Macroecológico de los Llanos de La Rioja. IDIA 34: 242-248
- PAYETTE, S., M. J.FORTIN & C. MORNEAU, 1996. The recent sugar maple decline in southern Quebec: probable causes deduced from tree rings. Can. Jour. For. Res. Ottawa, National Research Council of Canada..26 (6): 1069-1078.
- PETERSEN, T. D., M. NEWTON & S. M. ZEDAKER, 1988. Influence of *Ceanothus velutinus* and associated forbs on the water stress and stemwood production of douglas-fir. For. Sc. 34: 333-343.
- PERPIÑAL, E., M. BALZARINI, L. PIETRARELLI y L. CATALÁN, 1993. Modelización del crecimiento de *Prosopis flexuosa* en montes naturales. Actas de las VII Jornadas Forestales, El Dorado, Misiones.
- RAGONESE, A. y J. CASTIGLIONI, 1970. La vegetación del Parque Chaqueño. Bol. Soc. Arg. Bot. 11(supl.): 133-160
- RENOLFI, R. F., A. FUMAGALLI, A. ARAUJO, F. MOSCOVICH y J. D. HERRERA, 1995. Manejo silvo-pastoril en el Chaco Semiárido Santiagueño. En Actas XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical. Grupo Chaco.
- RICHARDS, F., 1959. A flexible growth function for empirical use. Jour. of Experimental Botany 10 (29): 290-300.
- SALA, E. O., R. A. GOLLUSCIO, W. K. LAUENROTH & A. SORIANO, 1989. Resource partitioning between shrubs and grasses in a Patagonian steppe. Oecología 81: 501-505.
- SAS. 1982. SAS Users guide. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
- TIEDEMANN, A. R. & J. O. KLEMMEDSON, 1973. Nutrient availability in desert grassland soils under mesquite (*Prosopis juliflora*) trees and adjacent open areas. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 107-110.
- TOBI, D.R., P. M. WARGO & D. R. BERGDAHL, 1995. Growth response of red spruce after known periods of winter injury. Can. Jour. For. Res. 25 (4): 669-681.
- VEGA GENTILE, G. M., 1988. Efectos del algarrobal sobre el balance hídrico local en el Chaco Árido. Informe final CONICET. 44 pp. Inédito.
- VILLALBA, R., 1988. Dendrocronología: su aplicación al manejo dasonómico de los algarrobales. *Prosopis* en la Argentina. Inédito.
- VIRGINIA, R. A. & W. M. JARRELL, 1983. Soil properties in a mesquite-dominated Sonoran Desert ecosystem. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 138-144.
- VIRGINIA, R. A., M. B. JENKINS & W. JARRELL, 1986. Depth of root symbiont occurrence in soil. Biol. Fertil. Soils 2: 127-130.
- ZAFFANELLA, M., 1986. Creciente necesidad de métodos expeditivos para el estudio de problemas agronómicos". V Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas. La Rioja.

Recibido: 04/2000
Aceptado: 12/2000