

Efecto y persistencia de tratamientos químicos y mecánico sobre arbustos de un sistema pastoril del sudeste de Santiago del Estero, Argentina

Ledesma, Roxana¹ , Saracco, Florencia¹ , Silvetti, José Gabriel² , Gerlero, Gustavo Daniel³ , Díaz Falú, Estanislao² , Wolf Celoné, Ursula Ingrid³ , Bosso, Exequiel Carlos² , Continelli, Noelia³  y Navarrete, Víctor¹ 

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero, Argentina.

2 Independiente

3 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación experimental Agropecuaria Quimili, Santiago del Estero, Argentina.

@ledesma.roxana@inta.gob.ar

Recibido: 13/03/25

Aceptado: 12/06/25

Resumen. La arbustización es el aumento de los arbustos indeseables en detrimento de la productividad de las pasturas. En este estudio se evaluó la efectividad de tratamientos químicos y el rolado sobre los arbustos. El experimento se realizó en un establecimiento agropecuario en Santiago del Estero, en un área con pasturas megatérmicas y se llevó a cabo durante 4,5 años. Se aplicaron siete tratamientos: cinco químicos, un mecánico (rolado) y un testigo sin intervención, bajo un diseño aleatorizado con pseudoreplicas. En cada unidad experimental se evaluaron la cobertura, altura, volumen y la capacidad de rebrotes de los arbustos individuales. Se evaluó el nivel de daño sobre los arbustos mediante ANOVA; la persistencia de los tratamientos mediante análisis de regresión con a) LnAltura, b) LnRebrotes, c) LnCobertura y d) LnVolumen como variables dependientes y los “años post-tratamiento” como variable independiente, representando el factor cronológico e interpretando los coeficientes β como tasa de crecimiento de las leñosas. El efecto de los tratamientos, “años post-tratamiento” y la especie sobre las variables a, b, c y d, se evaluó mediante un Modelo Lineal Mixto. Los tratamientos rolado, Aminopyralid + Picloram + Triclopyr (1) y en menor medida Aminopyralid + Fluroxypyr (2) presentaron los menores valores de β estadísticamente significativos indicando una mayor longevidad (efectividad). *Vachellia caven* fue afectada severamente por (1) ($p < 0,0001$). El rolado incrementó el número de rebrotes ($p < 0,05$) en *Strombocarpa reptans*, *Vachellia caven*, *Neltuma nigra* y *Geoffroea decorticans*. Las variables a, b, c y d se mantuvieron en niveles bajos hasta el tercer año y luego ascendieron mostrando la recomposición de la cobertura y volumen de los arbustos y sugiriendo la necesidad de intervenciones periódicas.

Palabras clave: arbustización; pasturas; ganadería; Chaco semiárido.

Abstract. Effect and persistence of chemical and mechanical treatments on shrubs in a pastoral system in southeastern Santiago del Estero, Argentina.

Shrub encroachment is the increase of undesirable shrubs at the expense of grass productivity. In this study, the effectiveness of chemical treatments and roller chopping on shrubs was evaluated. The experiment was made at a ranch in Santiago del Estero, in an area with sown C4 pastures, over 4.5 years. Seven treatments were applied (five chemicals, one mechanical: roller chopping and control, without intervention) under a randomized design with pseudoreplicates. In each experimental unit, the cover, height, volume, and regrowth capacity of individual shrubs were evaluated. The level of damage to the shrubs was analyzed using ANOVA. The persistence of the treatments was assessed by regression analysis using a) LnHeight, b) LnRegrowth, c) LnCover, and d) LnVolume as dependent variables and “years post-treatment” as the response variable by depicting the chronological factor. β coefficients were interpreted as the woody plants growth rate. The effect of treatments, “years post-treatment”, and species on variables a, b, c, and d was assessed using a Linear Mixed Model. The roller chopping, Aminopyralid + Picloram + Triclopyr (1), and Aminopyralid + Fluroxypyr (2) showed the significant statically lowest β values, indicating greater longevity (effectiveness). *Vachellia caven* was severely affected by treatment (1) ($p < 0.0001$). Additionally, roller chopping increased the number of sprouts ($p < 0.05$) in *Strombocarpa reptans*, *Vachellia caven*, *Neltuma nigra*, and *Geoffroea decorticans*. The variables a, b, c, and d remained at low levels until the third year, after which they increased, indicating the recovery of shrub cover and volume, and suggesting the need for frequent perturbations.

Key words: shrub encroachment; pastures; livestock; Semiárid Chaco.

INTRODUCCIÓN

La arbustización es un proceso de cambio en la vegetación, caracterizado por el aumento en la densidad, cobertura y biomasa de especies leñosas, que conlleva una disminución en la productividad y diversidad de las herbáceas forrajeras, así como modificaciones

Cómo citar este trabajo:

Ledesma, R., Saracco, F., Silvetti, J. G., Gerlero, G., Díaz Falú, E., Wolf Celoné, U. I., Bosso, E. C., Continelli, N. y Navarrete, V. (2025). Efecto y persistencia de tratamientos químicos y mecánico sobre arbustos de un sistema pastoril del sudeste de Santiago del Estero, Argentina. *Semiárida*, 35(2), 55-68.

significativas en la estructura del ecosistema (Archer, 2017; Maestre et al., 2016). Actualmente, las comunidades vegetales de la región Chaqueña están caracterizadas por la dominancia del estrato arbustivo, lo que en muchas ocasiones constituye un estado estable y de baja productividad, consecuencia de las diferentes intensidades de usos históricos (Zak, Cabido y Hodson, 2004).

Algunas causas que originan y mantienen la arbustización están ligadas al clima. A escala global, la alternancia de ciclos húmedos y secos, modifican los patrones de vegetación, a través de efectos sobre la fenología y fisiología vegetal (Snyder y Tartowski, 2006). Las sequías favorecen la dominancia de arbustos xerófitos en detrimento de pastos mesófitos (Archer et al., 2011). Además, el sobrepastoreo puede favorecer el incremento de las especies arbustivas mediante la reducción de la biomasa de herbáceas y la dispersión de semillas de leñosas (de Knecht et al., 2008; Morello et al., 2007). Altos niveles de herbivoría durante tiempos prolongados afectan la habilidad de los pastos para rebrotar, esto reduce la cantidad de combustible fino, modificando el régimen de fuego y favoreciendo el desarrollo de las especies arbustivas (Van Auken, 2000). En los ecosistemas chaqueños, así como en otros ecosistemas áridos y semiáridos del mundo el cambio en el régimen del fuego ha influido en la dinámica de la vegetación (O'Connor et al., 2014), al reducirse los pastos, o sea el combustible fino, la frecuencia de fuegos disminuye, favoreciendo la dominancia de las especies leñosas.

En este estudio concebimos la arbustización como un problema práctico señalado por numerosos productores ganaderos, quienes asocian el aumento de especies leñosas con la reducción de la productividad de las pasturas (tanto cultivadas como nativas) y, por ende, con una menor receptividad ganadera; además, este proceso conlleva la pérdida de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques. Para manejar este problema, los métodos más usados en la región Chaqueña son los mecánicos, el control químico y el fuego. En este estudio, se analizaron los dos primeros.

Método mecánico: rolado

Uno de los métodos mecánicos más usados para el manejo de las leñosas es el rolado. Existen distintos tipos de rolos, algunos son traccionados por topadoras o tractores articulados de gran porte, en estos casos los rolos suelen presentar un gran ancho de labor (generalmente mayor a tres m). La velocidad de trabajo oscila entre 4 a 10 km por hora. Este tipo de implemento puede usarse en re-rolados donde existen troncos y ramas en superficie. El uso de maquinaria pesada limita una intervención selectiva lo que dificulta la conservación de individuos jóvenes de las especies arbóreas de interés forestal. En cambio, el rolado de baja intensidad (RBI) se emplea para crear un sistema silvopastoril (SSP) reduciendo la densidad de arbustos no deseados y conservando los árboles (Kunst et al., 2016). El RBI utiliza un tractor de porte chico con un rolo (menor a 3 m) para abatir y trozar la vegetación, aumentando la disponibilidad de gramíneas forrajeras (Mora y Rosales, 2014; Watts et al., 2006), generalmente acompañado con la siembra de pasturas subtropicales, como Gatton panic (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs var. *Maximus*) (Kunst et al., 2016). Adicionalmente, el rolo ejerce una remoción en el suelo que favorece la infiltración del agua en el perfil y genera espacios propicios para la germinación de las pasturas sembradas o de pastos y herbáceas nativas que se encuentren en el banco de semillas del suelo (Ledesma, 2020). En Argentina, el rolado ha demostrado ser una herramienta eficaz para la restauración y el manejo de pastizales degradados. En el Caudal, permitió el control selectivo de arbustos, incrementó las áreas accesibles al pastoreo, preservó especies forestales deseables, aumentó la cobertura de broza sobre el suelo y optimizó el uso del agua por parte de las especies forrajeras (Adema, 2006; Kerleng et al., 2024). En pastizales nativos de Mendoza, facilitó el control del renoval (Mora y Rosales, 2014). En el Chaco Árido de La Rioja, el rolado incrementó significativamente la productividad primaria neta aérea de gramíneas (Agüero et al., 2016; Blanco et al., 2013; Ferrando et al., 2013). Por su parte, en quebrachales de la provincia de Salta, la aplicación de rolado selectivo redujo la cobertura leñosa del sotobosque, mantuvo la estructura diamétrica del bosque e incrementó la productividad forrajera (Despósito y Ledesma, 2015).

El efecto principal que produce una intervención mecánica como el rolado sobre la estructura de los arbustos es la eliminación de la yema apical o caulinar, hecho que origina que las yemas axilares comiencen a crecer vigorosamente y a generar una estructura aérea más frondosa y compacta (Bravo, 2006). Además, las leñosas presentan yemas axilares en los primeros 15-20 cm por debajo de la superficie del suelo, así como algunas especies presentan también raíces gemíferas. Por lo tanto, si se anulan las yemas aéreas (sea por corte, por fuego o por químico), mientras la planta tenga reservas energéticas brotarán las yemas subterráneas, restituyendo el área foliar probablemente con una arquitectura diferente. El rolo aplasta y corta la parte aérea de las plantas cerca de la superficie del suelo, es decir, produce un efecto de poda basal, pero la corona y raíces siguen vivas y es desde donde regeneran su estructura aérea. La remoción del aparato fotosintético obliga a la planta a usar la energía almacenada en los órganos subterráneos. En síntesis, el rolo no mata al arbusto, en muchos casos favorece el establecimiento de nuevos individuos incrementando su densidad y afectando negativamente la accesibilidad forrajera. Por estos motivos su efectividad para controlar el estrato arbustivo a largo plazo ha sido cuestionada (Eldridge y Ding, 2020). No obstante, el rolado permite la implantación de pasturas y la recuperación de pastos nativos conservando individuos seleccionados (dependiendo de la intensidad del rolado), constituyendo así, una herramienta muy valiosa en términos de diseño del paisaje (Rejžek et al., 2017).

Métodos químicos

Estos métodos se basan en la aplicación de herbicidas selectivos de acción sistémica y hormonal, pueden modificar la fisiología de la planta, perturbar su crecimiento y causar la muerte de esta (Puricelli y Arregui, 2013). Los ingredientes activos de este tipo de herbicidas pertenecen al grupo químico de los ácidos piridín-carboxílicos, que simulan la acción de las auxinas dentro de la planta. En cuanto a su mecanismo de acción, el ingrediente activo se une al receptor proteico de la auxina, interrumpiendo las vías metabólicas normales y ocasionando un crecimiento desregulado de la planta que puede resultar en la muerte del individuo. Este tipo de ingredientes activos son sistémicos, es decir ingresan a la planta y se translocan hacia los sitios de acción. Si bien pueden ser absorbidos por la raíz y por la hoja, y translocarse tanto por vía xilemática como floemática, en el caso de los arbustos ya establecidos, su absorción radicular es muy limitada, siendo sustancialmente más importante el ingreso a la planta a través del follaje y translocación por el floema hacia los meristemas (Bovey, 2001). Los arbusticidas pueden presentar diversos efectos sobre el estrato arbustivo según el ingrediente activo elegido, la dosis empleada, el tipo de aplicación y el momento fenológico de la especie a tratar. Los efectos fisiológicos pueden ser inhibición de la división celular, de la respiración y/o fotosíntesis, y/o interrupción de procesos metabólicos complejos, alterando así el crecimiento (Angolani, 2023). Los herbicidas selectivos de acción hormonal permiten el control de especies leñosas sin causar efectos negativos sobre las poáceas (Van Wilgen et al., 2001); su eficacia ha sido ampliamente probada tanto por mortandad de follaje como por mortandad de planta (Ansley y Castellano, 2006; Shanwad et al., 2015). Mbasa et al. (2024) han reportado que combinaciones de glifosato y tryclopír son efectivas para el control de especies leñosas. Algunas especies arbustivas de amplia difusión en nuestro territorio como son los géneros *Neltuma*, *Acacia*, *Bacharis*, *Aloysia* entre otros fueron efectivamente controlados por herbicidas hormonales (aminopyralid, picloram, triclopír, fluroxypyr, clopyralid (solos o en diferentes combinaciones) (Angolani, 2023; Sabatini et al., 2019; Tolozano et al., 2017).

La capacidad de rebrotar de las especies leñosas depende directamente de las reservas energéticas de la planta y de las condiciones de crecimiento posteriores a la intervención, especialmente disponibilidad hídrica y pastoreo. Alta frecuencia de perturbaciones (por ejemplo, rolados y quemadas anuales) induce un cambio en el hábito de crecimiento y promueve la formación de numerosos tallos, ramas y follaje, lo que da como resultado una estructura vegetativa con mayor volumen y biomasa que la de la planta antes de ser intervenida. Los objetivos de este trabajo fueron: a) evaluar el nivel de daño de los herbicidas hormonales usados sobre las principales especies

leñosas dominantes; b) determinar la persistencia de los tratamientos químicos y el mecánico y c) evaluar la frecuencia de las especies leñosas y su capacidad de rebrote posterior a los tratamientos.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El ensayo se realizó en un establecimiento agropecuario en el Dpto. Belgrano al sudeste de la provincia de Santiago del Estero, Lat. 29°12'50.13''; Long. 62°21'04.02''. El área en la que se aplicaron los tratamientos fue de 17.500 m², corresponde a un lote sembrado en noviembre del 2010 con una mezcla de 4,5 kg ha⁻¹ de *M. maximus* (Gatton panic) y 1,5 kg ha⁻¹ de *Chloris gayana* (Gramma rhodes) cv. Pioneer, mezcla tradicional en la zona, de alta producción en verano y con posibilidad de confección de rollos. El área del ensayo fue pastoreada cada año en invierno (mayo-junio) y verano (dic-ene) con una carga que osciló entre 0,75 EV ha⁻¹año⁻¹ (en el primer año) y 0,4 EV ha⁻¹año⁻¹ en los últimos años del ensayo debido a una reducción de la oferta forrajera por las sequías.

El área esta próxima al río Salado, con relieve llano y las napas fluctúan cerca de la superficie, en épocas secas puede permanecer húmedo por más tiempo. Los suelos presentan síntomas de hidromorfismo, no son salinos, por lo menos dentro del metro de profundidad, aunque es posible reconocer matorrales de *Allenrolfea vaginata* (Griseb.) Kuntze (jume) (indicadora de sales) (Peña Zubiate y Salazar Lea Plaza, 1982). El suelo corresponde al orden de los Haplustoles, son suelos fértiles; con un contenido de Materia Orgánica entre 1,85-2,91 %, Nitrógeno total 0,13-0,21b %, 40-66 ppm de fósforo extractable y con un contenido de sales de 0,4-1,12 (dS m⁻¹) y un pH de 6,07-7,64, registrado en la capa 0 a 10 cm de profundidad del suelo.

Tratamientos

Los tratamientos fueron: a) químico (con cinco diferentes ingredientes activos); b) Mecánico (rolado) (Figura 1) y c) Control (sin intervención) (Tabla 1). El ancho efectivo de las parcelas de tratamiento fue 18 m (1.800 m² = 9m de ancho de labor x 2 pasadas x 100m de largo). Se prepararon 50 l de caldo de cada tratamiento, realizando una aplicación efectiva de 38 l por parcela de tratamiento. Las aplicaciones se realizaron mediante una fumigadora de arrastre agrícola a una presión de 3 bares y una velocidad de avance de 6,5 km hs⁻¹ (aprox.). Se realizaron dos pasadas (ida y vuelta) paralelas, por la parte central de la misma y quedando un borde de 3,5 m entre la línea divisoria del tratamiento y las pasadas de ambos lados del tratamiento. Los tratamientos químicos se aplicaron en un período de dos horas y media, entre las 16 y las 18:30hs del día 18/01/2018. Estos tratamientos son más efectivos con tasas fotosintéticas altas ya que los productos son



Figura 1. Izquierda: tractor y rolo usado para el tratamiento rolado. Derecha: parcela testigo (control) invadida por *Geoffroea decorticans* (chañar), en el área de estudio en el SE de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Figure 1. Left: tractor and roller used for the roller chopping treatment. Right: control plot invaded by *Geoffroea decorticans* (chañar), in the study area in the SE of Santiago del Estero, Argentina.

translocados con los carbohidratos para matar las yemas basales e inducir la muerte de la planta completa (Bovey 2001).

En el norte de Argentina este momento es en el verano y después de una precipitación de al menos 100 mm. Todo aquello que atente contra la absorción del ingrediente activo por la planta (por ejemplo, poca foliosidad u hojas con estomas cerrados, alto contenido de cera en su cutícula, estrés hídrico) disminuye la eficacia del tratamiento. El estrés hídrico reduce la absorción foliar y retarda el crecimiento reduciendo la traslocación de algunos herbicidas (Roche et al., 2002). El rolado se realizó el 28/01/2018, con un tractor marca Zanella 4200 articulado con motor MB 1517 (170 HP de potencia máxima en el motor) con defensas y pala frontal que traccionó un rolo de tres cuerpos, cada uno de 1,5 metros de ancho de trabajo y 0,90 m de diámetro, con cuchillas oblicuas, continuas, con separación de 0,20 m.

Tabla 1. Tratamientos aplicados: a) químico (con cinco ingredientes activos); b) Mecánico (rolado) y c) Control (sin intervención) en el área de estudio, en el SE de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Table 1. Applied treatments: (a) Chemical, with five levels of active ingredients; (b) Mechanical, with one level (roller chopping); and (c) Control (no intervention) in the study area in the SE of Santiago del Estero, Argentina.

Tratamiento	Producto	Composición	Código
Químicos	1. Pastar	Aminopyralid + Fluroxypyr (40 + 80 g ea/l)	Amin+Flurox
	2. Pastar + Tordón 24K	Aminopyralid + Fluroxypyr (40 + 80 g ea/l) + Picloram (240 g ea/l)	Amin+Flurox+Picl
	3. Pastar Gold	Aminopyralid + Picloram + Triclopyr (50 + 100 + 150 g ea/l)	Amin+Picl+Tricl
	4. Tordón 24K	Picloram (240 g ea/l)	Picl
	5. Sendero	Aminopyralid + Clopyralid (60 + 276 g ea/l)	Amin+Cllop
Mecánico	6. Rolado		Rolado
Control	7. Sin tratamiento químico ni mecánico.		Testigo

El nivel de daño provocado por las aplicaciones químicas se analizó determinando en cada individuo evaluado el grado de afectación, esto es la proporción de tejidos que presenta signos claros de afección por el herbicida (cambio de color y necrosis en las hojas, defoliación, ausencia de brotes verdes, pérdida de vigor, muerte de ramas, etc.). Esta evaluación se realizó por única vez, a los seis meses de aplicados los productos. Para ello se utilizó una escala de evaluación visual de malezas arbustivas propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas (1974), que se describe en la Tabla 2.

Índice	Nivel de daño	Síntomas
0	Ningún daño	
1	Daño Leve	Clorosis Ligera
2	Daño Leve	Manchas Necróticas
3	Daño Leve	Leves Malformaciones
4	Daño Moderado	Clorosis Intensas, Necrosis y Malformaciones
5	Daño Moderado	Malformaciones más acentuadas
6	Daño Moderado	Clorosis intensa, caída parcial de hojas, necrosis y malformaciones bien marcadas y presencia de rebrotes
7	Daño Severo	Defoliación Total
8	Daño Severo	Muerte de ramas y rebrotes del tercio inferior
9	Daño Muy Severo	Muerte casi total de las plantas y rebrotes
10	Muerte Total	Muerte Total (plata completamente seca)

Tabla 2. Escala utilizada para la evaluación del nivel de daño en malezas arbustivas en el área de estudio en el SE de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Adaptado de ALAM 1974, (en Chaila 1986).

Table 2. Evaluation scale of shrubby weeds in paddocks (ALAM, 1974. In Chaila, 1986) used to evaluate the level of damage of woody species in the study area in the SE of the province of Santiago del Estero, Argentina.

Unidades experimentales, tratamientos y diseño experimental

El experimento se realizó bajo un diseño aleatorizado de siete tratamientos con dos unidades experimentales por tratamiento. Cada tratamiento corresponde a una parcela, en la que se tomaron 20 submuestras. Las evaluaciones se realizaron desde 2018 a 2022. Se optó por este diseño, debido a la dificultad de conseguir mayor espacio físico (cerrado) y recursos (productos químicos y costo de rolado) que permita tener más replicas y distribuir las aleatoriamente, por lo cual no son réplicas verdaderas sino pseudoreplicas. Se ha cumplido el principio de espaciado entre las unidades experimentales (Hulbert, 2004). La unidad experimental corresponde a la parcela de 1250 m² sobre las que se realizaron las evaluaciones.

En cada unidad experimental se evaluó la densidad (ind ha⁻¹) y frecuencia de especies mediante el método de vecino más cercano (Krebs, 1989) ubicando una transecta con estaciones de muestreo, (submuestras) n=20. En cada estación se identificó especie, se midió altura, diámetros ortogonales y número de rebrotes de cada individuo. El volumen de cada arbusto se determinó mediante la fórmula de la figura geométrica medio elipsoide, descrita a continuación:

$$V = \frac{\left(\frac{4 * \pi * \text{Alt} * r1 * r2}{3}\right)}{2}$$

Siendo:

V: el volumen de medio elipsoide (m³); Alt: altura total aérea del arbusto (m); r1 y r2 los radios ortogonales (m).

Las evaluaciones se realizaron previo a los tratamientos, a los 6 meses, 1; 1,5; 3; 4 y 4,5 años. A partir de los datos de frecuencia de especies y del criterio agronómico de los autores se seleccionaron 4 especies leñosas para analizar y representar el nivel de daño. Estas especies seleccionadas fueron: *Strombocarpa reptans* (retortuño, anteriormente *Prosopis reptans*); *Vachelia caven* (tusca), *Neltuma nigra* (algarrobo negro) y *Geoffroea decorticans* (chañar), debido a su mayor frecuencia de aparición en el área de estudio y porque son especies problemáticas de difícil control y/o manejo. Otras especies menos importante en abundancia conforman la comunidad de leñosas, pero no fueron sometidas al análisis de nivel de daño.

Al inicio del ensayo en enero de 2018 (momento de la aplicación de productos químicos y del rolado) las precipitaciones (PP) fueron bajas en relación al mismo mes de los años siguientes, mientras que en abril y mayo hubo mayores precipitaciones en ese año inicial (Figura 2). Las mayores precipitaciones se registraron en enero de 2019, enero y noviembre de 2021. El ascenso

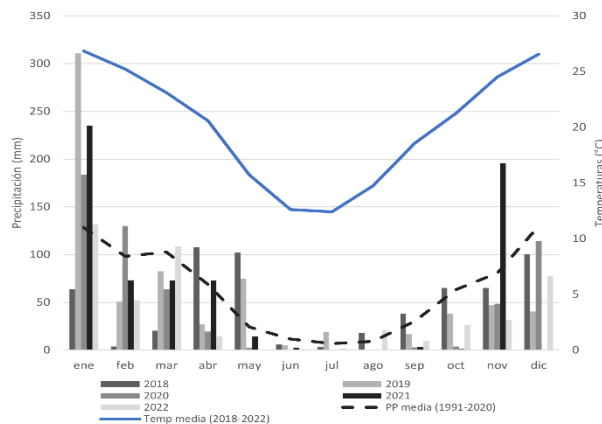


Figura 2. Precipitaciones medias mensuales y temperatura media durante los años de ensayo (2018-2022), PP media en el período 1991-2020. Datos obtenidos de la estación meteorológica automática de la Red Agrometeorológica del INTA, EMA Malbrán (EEA Quimilí, Santiago del Estero, Argentina).

Figure 2. Month mean rainfall and mean temperature during the essay (2018-2022). Mean rainfall in the period 1991-2020. Data provided by Meteorological Station of the Red Agrometeorológica of INTA EMA Malbrán (EEA Quimilí, Santiago del Estero, Argentina).

de las temperaturas que comienza en la primavera (octubre-noviembre) coincide con el momento en que algunas especies leñosas comienzan su activo crecimiento.

Análisis estadístico

Los datos fueron transformados a Logaritmo natural (Ln) para satisfacer los supuestos de linealidad y homogeneidad de varianzas (Conover, 1980). El nivel de daño se analizó mediante ANVA en función de los tratamientos y para las especies dominantes. La hipótesis de persistencia o longevidad de los tratamientos fue estudiada mediante un análisis de regresión usando las variables LnAltura, LnRebrotos, LnCobertura y LnVolumen como variables dependientes y los años post-tratamiento como variable independiente, representando el factor cronológico. Los coeficientes de regresión β de las ecuaciones resultantes pueden ser interpretados como una estimación de la tasa de crecimiento de las leñosas en función del tiempo. La magnitud y el signo de β entre los tratamientos da idea de la persistencia de estos. A menor valor de β , mayor es el período entre tratamientos necesarios para un re-control de las leñosas. Se usó un Modelo Lineal Mixto para estudiar el efecto de los tratamientos, los años post-tratamiento inicial, la especie sobre las variables LnAltura, LnRebrotos, LnCobertura y LnVolumen. Las medias se compararon mediante test de Tukey con un alfa = 0,05. Se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2020).

RESULTADOS

Nivel de daño de los tratamientos químicos sobre las especies leñosas dominantes

El nivel de daño para cada tratamiento químico ($p < 0,001$) (promediando todas las especies) fue 8,6 con Amin+Clop; 8,2 con Amin+Picl+Tricl; 7,3 con Amin+Flurox+Picl; 7,1 con Amin+Flurox y 6,08 con Picl. Al analizar individualmente las especies dominantes, el nivel de daño solo fue significativo para *V. caven* ($p < 0,001$) presentando un mayor efecto del tratamiento Amin+Picl+Tricl seguidos por los tratamientos Amin+Flurox+Picl y Amin+Clop. *S. reptans* también tuvo altos niveles de daño con todos los tratamientos químicos, aunque no significativo.

En la parcela tratada con Amin+Flurox, al momento del primer muestreo (seis meses después de la aplicación), no se registró ningún individuo vivo de *G. decorticans*, lo que sugiere una posible mayor efectividad de este tratamiento sobre el chañar, aunque sin diferencias estadísticamente significativas para el factor especie. El porcentaje de mortalidad para todas las especies en conjunto fue 41,9 para el tratamiento Amin+Clop, 25,5 para Amin+Picl+Tricl, 17,2 para Amin+Flurox+Picl, 14,8 para Amin+Flurox y 7,1 para Picl.

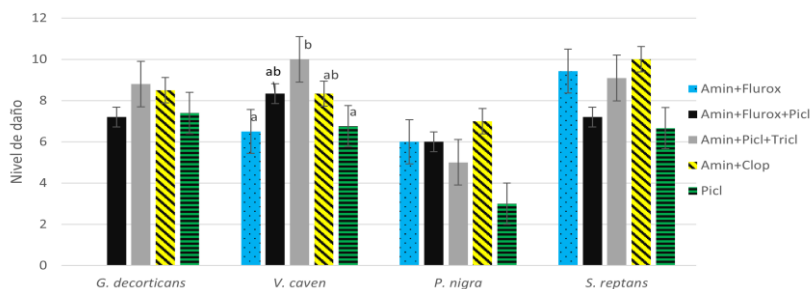


Figura 3. Nivel de daño de los tratamientos químicos sobre las cuatro especies leñosas dominantes: *Geoffroea decorticans*, *Vachellia caven*, *Netuma nigra* y *Strombocarpa reptans*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre especies. Se presentan solamente los tratamientos diferentes significativamente ($p < 0,005$).

Figure 3. Damage level of the chemical treatments on four dominant woody species: *Geoffroea decorticans*, *Vachellia caven*, *Netuma nigra* and *Strombocarpa reptans*. Different letters indicate significant differences between species. The different treatments are only presented ($p < 0,005$).

Persistencia de los tratamientos

Los coeficientes β de las variables estudiadas presentaron significancias diferentes entre los tratamientos (Tabla 3). El tratamiento de rolado mostró valores negativos de β en las cuatro variables analizadas, mientras que el testigo presentó valores positivos en todas ellas. Los mayores valores de β se presentaron en el testigo ($\text{LnVolumen} = 0,46$; $p < 0,001$) y en el tratamiento químico Amin+Clop ($\text{LnVolumen} = 0,39$; $p = 0,0009$) indicando, para este último su baja efectividad. Los tratamientos químicos Amin+Flurox, Amin+Picl+Tricl y el rolado presentaron los menores valores de β indicando una mayor longevidad. Se puede observar que para la variable LnAltura de los arbustos, β fue diferente a 0 y negativo para casi todos los tratamientos químicos y para el rolado, mientras que el testigo presentó un valor positivo estadísticamente significativo. Para la variable LnRebotes, β solo fue significativo para el tratamiento químico Amin+Clop y en el rolado, pero con diferentes signos. Los coeficientes β de la variable LnCobertura fueron altamente significativos para los tratamientos Amin+Flurox+Picl, Amin+Clop, rolado y testigo.

Tabla 3. Tratamientos, variables transformadas a Ln, LnAltura, LnRebotes, LnCobertura y LnVolumen, coeficientes β y su valor p, en el estudio en el SE de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Table 3. Treatments, variables transformed to Ln, LnAltura, LnRebotes, LnCobertura and LnVolumen, β coefficients and their p-value, in the study in the SE of the province of Santiago del Estero, Argentina.

Tratamiento	LnAltura		LnRebotes		LnCobertura		LnVolumen	
	β	p	β	p	β	p	β	p
1. Amynopirialid + fluoroxypr (Pastar)	-0,1	0,008	-0,003	0,994	-0,07	0,501	-0,13	0,344
2. Amynopirialid + fluoroxypr + picloram (Pastar+Tordón)	-0,05	0,176	0,01	0,68	0,17	0,07	0,15	0,198
3. Aminopyralid + picloram + triclopyr (Pastar Gold)	-0,13	0,0004	0,03	0,233	0,03	0,759	0,07	0,553
4. Picloram (Tordón)	-0,02	0,688	0,003	0,894	0,003	0,974	0,16	0,283
5. Aminopyralid + clopyralid (Sendero)	0,08	0,017	0,1	0,001	0,35	0,0001	0,39	0,0009
6. Rolado	-0,14	0,0001	-0,08	0,015	-0,24	0,003	-0,09	0,392
7. Testigo	0,17	<0,0001	0,03	0,27	0,29	0,0009	0,46	<0,0001

Los factores tratamiento ($p < 0,0001$), años post-tratamiento ($p < 0,0001$), y especie ($p < 0,0001$) resultaron altamente significativos para las variables LnAltura, LnRebotes, LnCobertura y LnVolumen. En la mayoría de los tratamientos las variables se mantuvieron en niveles bajos hasta el tercer año y luego ascendieron. El volumen individual de los arbustos se mantuvo en valores menores a un (1) m^3 en la mayoría de los tratamientos hasta los tres años desde el inicio del estudio (Figura 4). Se observa un pico de crecimiento en volumen a los tres años en la parcela con el tratamiento Picl. Hacia el final del estudio hubo un incremento del volumen arbustivo en los tratamientos Amin+Flurox y Amin+Clop. Los tratamientos Amin+Flurox+Picl, Amin+Picl+Tricl y rolado mantuvieron, el volumen individual de los arbustos en valores bajos menores a $0,5 \text{ m}^3$ durante todo el estudio. En el testigo los arbustos incrementaron su volumen.

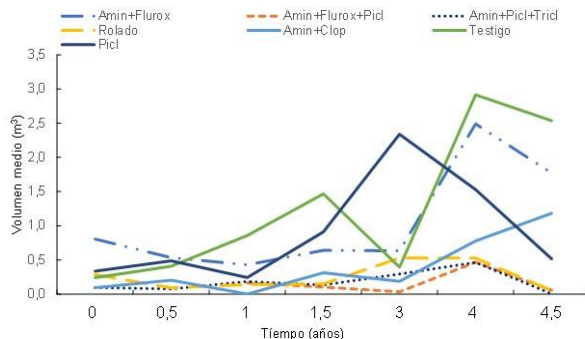


Figura 4. Volumen medio individual de los arbustos (m^3) durante el estudio para los diferentes tratamientos.

Figure 4. Shrub mean volume (m^3) during the study for the different treatments.

Frecuencia de especies

La frecuencia de las especies leñosas cambió a lo largo de los años independiente de los tratamientos aplicados. La Tabla 4 muestra la frecuencia de las especies presentes durante el estudio, siendo las dominantes *S. reptans* (38,1 %); *V. caven* (22,2 %) *N. nigra* (17,7 %) y *G. decorticans* (17,4 %). *S. reptans* y *G. decorticans* redujeron su presencia al año de iniciados los tratamientos, mientras que *V. caven* y *N. nigra* fueron menos frecuentes a los tres años. Algunas especies como *Aloysia gratissima*, *Cyclolepis genistoides* y *Lippia turbinata* aparecieron al final. Estas especies (en menor medida que las anteriores) también representan un problema en la ganadería al competir con las pasturas por el agua, los nutrientes y el espacio y al reducir el acceso y la transitabilidad en los lotes.

Densidad y capacidad de rebrote de las especies leñosas

Al inicio del ensayo la densidad promedio de leñosas en toda el área fue 5.158 ind ha⁻¹ y al final este valor se incrementó a 19.850 ind ha⁻¹. Al final del estudio, los tratamientos que mayor densidad arbustiva presentaron fueron: Amin+Picl+Tricl (46.746 ind ha⁻¹) y Picl (43.001 ind ha⁻¹). Los de menor densidad arbustiva fueron Amin+Clor (2.901 ind ha⁻¹); Amin+Flurox (2625 ind ha⁻¹); testigo (1.635 ind ha⁻¹) y el rolado (37.255 ind ha⁻¹) con rangos intermedios.

Tabla 4. Frecuencia de las especies leñosas durante el experimento ubicado en el SE de la provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Table 4. Frequency of the shrubby species during the experiment located in the SE of the province of Santiago del Estero, Argentina.

Especie	Años post-tratamiento						
	0	0,5	1	1,5	3	4	4,5
<i>Geoffroea decorticans</i>	0,16	0,16	0,1	0,15	0,22	0,25	0,18
<i>Vachellia caven</i>	0,16	0,29	0,34	0,32	0,14	0,19	0,12
<i>Neltuma nigra</i>	0,11	0,19	0,35	0,17	0,15	0,17	0,1
<i>Strombocarpa reptans</i>	0,52	0,33	0,19	0,34	0,4	0,35	0,54
<i>Vachellia aroma</i>	0,04	0,01	0,01	0	0,01	0	0
<i>Neltuma alba</i>	0	0,02	0	0		0	0
<i>Senegalia gilliesii</i>	0	0	0	0,005	0,08	0	0
<i>Colletia spinosissima</i>	0	0	0	0,01		0	0
<i>Aloysia gratissima</i>	0	0	0	0	0	0,03	0,06
<i>Cyclolepis genistoides</i>	0	0	0	0	0	0,01	0
<i>Lippia turbinata</i>	0	0	0	0	0	0,01	0

Al considerar las especies dominantes del área de estudio, *S. reptans*, *V. caven*, *N. nigra* y *G. decorticans*, el rolado incrementó el número de rebrotes ($p<0,05$) hasta el primer año y luego se redujo. El tratamiento Amin+Picl+Tricl redujo la cantidad de rebrotes (aunque sin significancia estadística). Al año de la aplicación de los tratamientos la cantidad de rebrotes incrementó, pero después de los tres años del estudio este valor tendió a estabilizarse. *S. reptans* y *G. decorticans* son las especies que presentaron menor cantidad de rebrotes ambas con una alta significancia ($p<0,001$) Figura 5 (a,b,c,d).

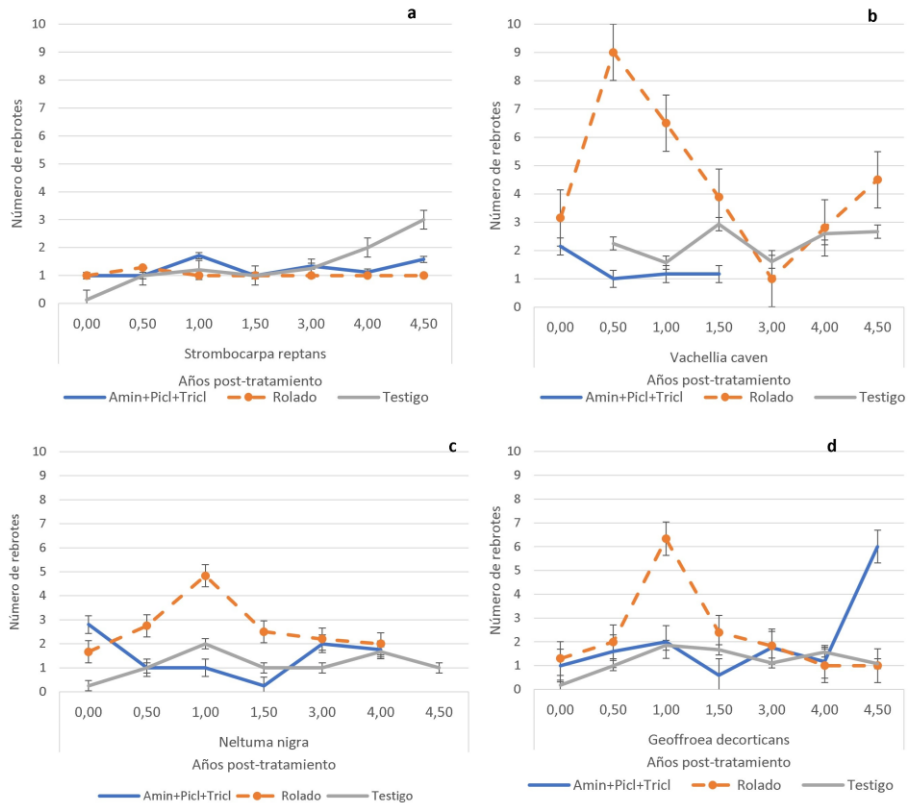


Figura 5. Número de rebrotes de a) *Strombocarpa reptans*, b) *Vachellia caven*, c) *Neltuma nigra* y d) *Geoffroea decorticans* para los tratamientos Amin+Picl+Tricl, rolado y testigo a lo largo del ensayo.

Figure 5. Sprouts number of a) *Strombocarpa reptans* b) *Vachellia caven*, c) *Neltuma nigra* y d) *Geoffroea decorticans* for the treatments Amin+Picl+Tricl, roller chopping and the control during the study.

DISCUSIÓN

Con base en la revisión bibliográfica disponible y el estado actual del conocimiento, el presente estudio constituye el primer análisis comparativo del efecto de distintos tratamientos químicos y del rolado sobre parámetros estructurales de una comunidad de especies arbustivas, evaluado durante un periodo de 4,5 años. Los resultados sugieren que tanto los tratamientos químicos usados, como el rolado fueron efectivos para el control de los arbustos (Figuras 3 y 4). En los primeros tres años tras la aplicación inicial, se mantuvieron en niveles bajos las variables altura, volumen, cobertura individual y número de rebrotes; sin embargo, posteriormente se observaron incrementos en todas las variables evaluadas y en todos los tratamientos.

Los tratamientos Amin+Clor y Amin+Picl+Tricl demostraron ser efectivos para el control de *S. reptans*. Este arbusto, de bajo porte y espinoso, domina la comunidad extendiéndose por el suelo y limitando el crecimiento de gramíneas y otras especies forrajeras, representando un problema de difícil manejo en la actividad ganadera. Estos hallazgos concuerdan con los de Angolani (2023), quien reportó la eficacia de la combinación de aminopyralid y clopyralid en el control de especies arbustivas del género *Prosopis*, en el Caldenal, Monte Occidental. Además, Archer et al. (2023) concluyeron que la combinación de aminopyralid, clopyralid y triclopyr afecta el crecimiento de

Prosopis velutina, aunque a los 26 meses tras el tratamiento, la cobertura foliar era similar en plantas tratadas y en el control.

V. caven otro arbusto problemático en el área de estudio fue afectado severamente por Amin+Picl+Tricl (Figura 3). Durante los siguientes años del estudio su capacidad de rebrotar se redujo significativamente (Figura 5b), y su frecuencia disminuyó hacia el final del estudio en toda el área (Tabla 4). El rolado no redujo la producción de rebrotes, probablemente el tratamiento químico antes mencionado tenga un efecto de control superior al del rolado para esta especie.

La persistencia o longevidad de los tratamientos puede definirse como el intervalo de tiempo entre la primera aplicación y la necesidad de una intervención posterior, con el objetivo de mantener la pastura y/p pastizal natural en condiciones óptimas. Este concepto también se interpreta como una estimación del régimen de perturbaciones aplicado a los lotes. De acuerdo con Kunst et al. (2012), la longevidad fue inferida a partir de la magnitud de la tasa de crecimiento (β) de cuatro variables indicadoras del rebrote arbustivo: altura, número de rebrotes, cobertura de la canopia y volumen del arbusto. En este marco, valores más altos de β indican un crecimiento más acelerado y, por lo tanto, una menor longevidad del tratamiento, lo que implica una mayor frecuencia de retratamiento para mantener la condición deseada del sistema. En este sentido, los valores positivos de β para altura, rebrotes, cobertura y volumen observados en el tratamiento Amin+Clor indican una baja efectividad de este, mientras que los valores positivos en el testigo reflejan un crecimiento progresivo de los arbustos, que probablemente se estabilizó después del cuarto año (Tabla 3; Figura 3). El valor negativo de β para el rolado en las cuatro variables analizadas sugiere una efectividad aceptable durante los 5 años de estudio, ya que permite mantener la cobertura y volumen de los individuos bajo un umbral de manejo adecuado, que puede rondar los 0,5 m³ y/o un metro de altura (Figura 4). Este valor es una apreciación práctica de productores (comunicación informal con los autores) producto de experiencias empíricas a campo, que debe ser probado en condiciones experimentales. Si bien, con el rolado, la cobertura y volumen de arbustos se mantuvieron bajos, la densidad por hectárea alcanzada en este tratamiento al final del experimento fue alta (37.255 ind ha⁻¹) aunque menor que algunos tratamientos químicos. Este reafirma que el rolado suele producir un efecto de “poda” y que no logra matar a las leñosas. En un ecosistema arbustificado que no recibe intervenciones mecánicas ni fuego, la cobertura de los individuos leñosos suele incrementarse (Kunst et al., 2012); como es el caso del testigo en este estudio, en este tratamiento, la densidad fue la más baja, probablemente porque los individuos dominantes han adquirido porte arbóreo, compitiendo por los recursos y suprimiendo el crecimiento de nuevos individuos.

El volumen de los arbustos es una medida muy usada en el manejo de estas especies debido a que proporciona una idea del espacio físico que ocupan reduciendo así, los recursos necesarios para que crezcan los pastos, a la vez que la accesibilidad en el lote, el tránsito de la hacienda y del personal se ven afectados. A mayor volumen de arbustos, menor accesibilidad del lote. En este estudio el volumen de los arbustos se redujo por la aplicación de Amin+Flurox+Picl y Amin+Picl+Tricl. Ansley y Castellano (2006) encontraron que utilizando una combinación de triclopir + clopyralid se logró un efecto severo sobre la mortandad del follaje y sobre la cobertura de mesquite (*Prosopis*). En estudios más recientes de esta especie, se encontró que las combinaciones de Clopyralid + aminopyralid y Clopyralid + aminopyralid + triclopyr provocaron la muerte de raíces y la reducción del canopeo de mesquite (Ansley et al., 2024). Además, se encontró que la adición de triclopir en situaciones de estrés hídrico podría favorecer la absorción de otros herbicidas (Roche et al., 2002) lo que podría explicar el mayor efecto de la combinación en el tratamiento Amin+Picl+Tricl.

En nuestro estudio, el rolado fue el único tratamiento que incrementó significativamente la cantidad de rebrotes, evidenciando la capacidad de las especies para perpetuarse y sugiriendo la necesidad de perturbaciones más frecuentes. En la región Chaqueña, la frecuencia común de rolados oscila entre 3 a 5 años (Kunst et al., 2016). En la región del Caldenal, se observó que leñosas como *Condalia microphylla* y *Neltuma* spp. disminuyeron su cobertura inicial luego de un rolado, permaneciendo en niveles estables durante tres a cinco años y luego se observó el avance de los

rebrotos de las especies afectadas (Peláez et al. 2021). Mora y Rosales (2012) llegaron a resultados similares en el este de Mendoza, para las especies *Larrea divaricata*, *Larrea cuneifolia* y *Neltuma. Flexuosa*, luego de siete años de efectuarse dos intervenciones de rolado. Bogino y Bravo (2014), en un área del extremo austral del Chaco árido en San Luis, informaron que leñosas como *N. nigra*, entre otros, no modificaron su cobertura inicial a los dos años del rolado y la ocurrencia de un incendio natural. Kerleng et al. (2024) en la región del Caldenal demostraron que la capacidad de rebrote de *N. flexuosa* no se vio afectada al incrementar la frecuencia del rolado manteniendo la misma intensidad de disturbio en todas las intervenciones.

En este trabajo, los tratamientos químicos y el rolado permitieron que la productividad de la pastura oscile desde 2.048 kgMs ha⁻¹ año⁻¹ en el tratamiento Picl hasta 3.700 kgMS ha⁻¹ año⁻¹ en el tratamiento Amin+Picl+Tricl, rangos similares a los obtenidos en sitios cercanos (Radrizzani et al., 2003). Por otra parte, el tratamiento químico tiene el potencial de ocasionar la muerte de arbustos, pero también al ser selectivo (cuando se lo aplica localmente a cada individuo) puede reducir significativamente la frecuencia de intervenciones en un sitio dado. Este atributo es muy importante cuando se desea conservar la regeneración de ciertas especies de valor forestal por ejemplo en un sistema silvopastoril, aunque actualmente las regulaciones no lo permiten en este tipo de sistemas.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que tanto los tratamientos químicos como el rolado constituyen herramientas efectivas para el manejo de especies arbustivas en sistemas con pasturas megatérmicas, cada uno con sus fortalezas y limitaciones. Las combinaciones de ingredientes activos como Amin+Picl+Tricl, demostraron reducir significativamente la altura, volumen y cobertura de especies dominantes especialmente *S. reptans* y *V. caven*. El rolado mantuvo estos parámetros en umbrales de manejo aceptables, aunque promovió un aumento en la capacidad de rebrote, lo que podría comprometer el manejo de las poblaciones a largo plazo.

La efectividad de los tratamientos se relacionó estrechamente con la tasa de crecimiento de los arbustos, indicando la necesidad de perturbaciones periódicas. Más estudios a largo plazo sobre la eficacia de los diferentes productos químicos, así como otras prácticas mecánicas (rolado, rastras) y fuego sobre las especies problemáticas de la región son necesarios, para optimizar estrategias de manejo integradas que equilibren la productividad forrajera y la conservación de especies de valor ecológico, agronómico y forestal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adema, E. (2006). Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y Monte Occidental. EEA Anguil INTA. *Publicación Técnica de INTA*, N° 65. 52 p.
- Agüero, W., Serrano, M., Biurrún, F. y Quiroga, E. (2016). Dinámica de la productividad en dos sitios tratados con rolados en el Chaco Árido de la Rioja. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36(Supl. 1), 295-411.
- Angolani, D. H. (2023). Evaluación del efecto de herbicidas hormonales para el control de especies leñosas en un pastizal lignificado del ecotono Caldenal – Monte Occidental, [Tesis de Magister en Ciencias Agrarias] Universidad Nacional del Sur, Argentina. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/15785?show=full>
- Ansley, R. J., Clayton M., & Pinchak W. E. (2024). Nontarget Woody Plant Responses to Broadcast Herbicide Treatment for Mesquite and Pricklypear Control. *Rangeland Ecology & Management*, 93(2024), 112-122.
- Ansley, R. J., & Castellano, M. J. (2006). Strategies for savanna restoration in the southern great plains: effects of fire and herbicides. *Restoration Ecology*, 14(3), 420-428.
- Archer, S.; Davies, K., Fulbright, T., McDaniel, K., Wilcox, B. y Predick, K. (2011). Chapter 3: Brush management as a rangeland conservation strategy: a critical evaluation. En Briske, D. (ed). *Conservation Benefits of Rangeland Practices: Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Archer, S. R., Andersen, E. M., Predick, K. I., Schwinning, S., Steidl, R. J., & Woods, S. R. (2017). Woody plant encroachment: causes and consequences. En: Briske, D. (Ed.), *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges*, (pp. 25–84). Springer Series on Environmental Management, Berlin, Germany.
- Archer, S. R., Naito, A. T., Heilman, P., Vivoni, E. R., & Scott, R. L. (2023). *Prosopis velutina* response to werial herbicide application. *Rangeland Ecology and Management*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.02.014>

- Blanco, L., Namur, P. R., Ferrando, C., Rettore, A., Namur, P., Avila, R., Molina, J. y Oriote, E. (2013). Evolución de la vegetación después del rolo y siembra de pastos nativos en La Rioja. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 22(Supl. 2). Congreso de Pastizales.
- Bogino, S. M. y Bravo, M. B. (2014). Impacto del rolo sobre la biodiversidad de especies leñosas y la biomasa individual de jarilla (*Larrea divaricata*) en el Chaco Árido Argentino. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 22(1-2), 79-87.
- Bovey, R. W. (2001). *Woody Plants and Woody Plant Management: Ecology, Safety, and Environmental Impact*. Marcel Dekker, Inc. CRC Press.
- Bravo, S. (2006). Régimen de fuego en una sabana del Chaco Occidental y sus efectos morfológicos en especies leñosas. *Quebracho*, 13, 104-105.
- Chaila, S. (1986). Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. *Revista Malezas, ASAM*, 14(2), 79.
- Conover, W. (1980). *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, New York.
- de Knegt, H., Groen, T. A., van de Vijver, C., Prins, H. H., & Langevelde, F. (2008). Herbivores as architects of savannas: inducing and modifying spatial vegetation patterning. *Oikos*, 117, 543-554.
- Despósito, C. D. y Ledesma, T. (2015). Pautas preliminares y teóricas para el aprovechamiento silvopastoril en bosques nativos de dos quebrachos de Salta. 3º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles (340-344). Santiago del Estero: Ediciones INTA.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eldridge, D. J. y Ding, J. (2020). Remove or retain: ecosystem effects of woody encroachment and removal are linked to plant structural and functional traits. *New Phytologist* (2021), 229, 2637-2646. <https://doi.org/10.1111/nph.17045>
- Ferrando, C., Blanco, L., Biurrun, F., Namur, P., Recalde, D., Avila, R. y Oriote, E. (2013). Efecto del rolo y siembra de buffel sobre la evolución del estrato gramíneo en un arbustal degradado del Chaco Árido. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam*, 22(Supl. 2), Congreso de Pastizales.
- Hurlbert, S. (2004). On misinterpretation of pseudoreplication and related matters: a reply to Oksanen. *Oikos*, 104, 591-597.
- Kerleng Marin, R., Butti, L. y Álvarez Redondo, M. (2024). Efecto de distintas frecuencias de rolo selectivo sobre la capacidad de rebrote de *Neltuma flexuosa* (DC.) C.E. Hughes & G.P. Lewis en el ecotono Caldenal-Monte Occidental, región central de Argentina. *Semiárida*, 34(1), 27-34. [http://dx.doi.org/10.19137/semiárida.2024\(1\).27-34](http://dx.doi.org/10.19137/semiárida.2024(1).27-34)
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*. New York: Harper and Row Publishers Inc.,
- Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Albanesi, A., Anriquez, A., van meer, H., & Godoy, J. (2012). Disrupting woody steady states in the Chaco region (Argentina): responses to combined disturbance treatments. *Ecological Engineering*, 42(2012), 42-53
- Kunst, C., Navall, M., Ledesma, R., Silberman, J., Anriquez, A., Coria, D., Bravo, S., Gomez, A., Albanesi, A., Grasso, D., Domínguez Nuñez, J., Gonzalez, A., Tomsic, P., & Godoy J. (2016). Silvopastoral systems in the western Chaco region, Argentina. En P.L. Peri (Ed.), *Silvopastoral Systems in Southern South America, Advances in Agroforestry*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8_4
- Ledesma, R. (2020). Mecanismos de coexistencia de pastos- arbusto en sitios ecológicos de Chaco semiárido [Tesis de Doctorado]. Universidad de Buenos Aires, Argentina. http://ri.agro.uba.ar/cgi-in/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2020ledesmaroxana_ramonadelvalle
- Maestre, F. T., Eldridge, D. J., & Soliveres, S. (2016). A multifaceted view on the impacts of shrub encroachment. *Applied Vegetation Science*, 19, 369-370. <https://doi.org/10.1111/avsc.12254>
- Mbasa, W. V., Nene, W. A., Kapinga, F. A., Lilai, S. A., & Tibuhwa, D. D. (2024). Characterization and chemical management of Cashew Fusarium Wilt Disease caused by *Fusarium oxysporum* in Tanzania. *Crop Protection*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105379>
- Mora, S. y Rosales, I. (2014). *El rolo en Mendoza*. Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/2059>
- Morello, J., Pengue W. y Rodríguez, A. F. (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*, (pp. 19-52). Ediciones del cincuentenario.
- O'Connor, T. G., Puttick, J. R. y Hoffman, M. T. (2014). Bush encroachment in southern Africa: changes and causes. *African Journal of Range & Forage Science* 31(2): 67-88.
- Peláez, D. V., Blázquez, F. R., Giorgetti, H. y Rodríguez, G. (2021). Respuesta de la vegetación a un rolo en la Provincia Fitogeográfica del Monte, Buenos Aires, Argentina. *RIA*, 47(2), 224-231
- Peña Zubiate, C. A. y Salazar Lea Plaza, J. C. (1982). "Carta de suelos de los departamentos de Belgrano y General Taboada, provincia Santiago del Estero." Informe de diez años de labor (1982): 78-179.
- Puricelli, E. C. J. y Arregui, M. C. (2013). Mecanismo de acción de plaguicidas. Ed UNR.

Ledesma, R., Saracco, F., Silvetti, J. G., Gerlero, G., Diaz Falú, E., Wolf Celoné, U. I., Bosso, E. C., Continelli, N. y Navarrete, V.

- Radrizzani, A., Perotti, M. y Demichellis, G. (2003). Producción de forraje de gramíneas tropicales en sitios bajos del sudeste de Santiago del Estero. *Revista Argentina de Producción animal*, 23(Supl.1), 170-171.
- Rejžek, M., Coria, R. D., Kunst, C., Svátek, M., Kvasnica, J., Navall, M., Ledesma, R., Gómez, A., & Matula R. (2017). To chop or not to chop? Tackling shrub encroachment by roller-chopping preserves woody plant diversity and composition in a dry subtropical forest. *Forest Ecology and Management*, 402, 29-36.
- Roche, A., Bovey, R. y Senseman, S. (2002). Water stress and triclopyr on clopyralid efficacy in honey mesquite. *Journal of Range Management*, 55, 266-269.
- Sabattini, J. A., Sabattini, R. A., Urteaga Omar, F., Bacigalupo, M., Cian, J. C., Sabattini, I. A. y Dopazo, V. M. (2019). Recuperación del pastizal natural en un bosque nativo degradado del Espinal argentino mediante el control químico aéreo de arbustivas. *Investigación Agraria*, 21(2), 93-107. <http://dx.doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.diciembre.93-107>
- Shanwad B. M., Chittapur S. N., Honnalli I., & Shankergoud. (2015). Management of *Prosopis juliflora* through Chemicals: A Case Study in India. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(23), 30-38.
- Snyder K., & Tartowski S. L. (2006). Multi-scale temporal variation in water availability: implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. *Journal of Arid Environments*, 65, 219-234.
- Tolozano, B., Pisani, J. M. y Puricelli, E. C. (2017). Control mecánico y químico de *Tessaria dodoneifolia* (Hook. et Arn.) Cabrera (chilca dulce). *RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(2), 128-134.
- Van Auken, O.W. (2000). Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *Journal of Environmental Management*, 90, 2931-2942.
- Van Wilgen, B., Richardson, D. y Higgines, S. I. (2001). Integrated control of invasive alien plants in terrestrial ecosystems. *Land Use and Water Resources Research*, 1(5), 1-6.
- Watts, A., Tanner, G., & Dye, R. (2006). Restoration of dry prairie using fire and roller chopping. Noss, R. (Eds). *Land of Fire and Water: The Florida Dry Prairie Ecosystem*. Proceedings of the Florida Dry Prairie Conference.
- Zak, M. R., Cabido, M. R. y Hodson, J. G. (2004). Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future?. *Biological Conservation*, 120(4), 589-598. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.034>