

Respuesta de especies leñosas y herbáceas a la aplicación de herbicidas hormonales

Angolani, Daniel Hugo ^{1, @} 

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural, General Acha. La Pampa, Argentina.
@ angolanidanielhugo@gmail.com

Recibido: 28/02/2025
Aceptado: 09/06/2025

Resumen. El aumento en densidad, cobertura y distribución de las especies leñosas en los pastizales naturales del mundo es motivo de preocupación debido al impacto negativo sobre la producción ganadera. Se desarrollaron diversas estrategias y tecnologías para el control de leñosas, entre ellas las más utilizadas son el fuego, labores mecánicas y aplicación de herbicidas. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto producido por la aplicación de diferentes herbicidas hormonales, a distintas dosis, sobre las especies leñosas *Neltuma flexuosa* (ex *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*, algarrobo), *Neltuma flexuosa* var. *depressa* (ex *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, alpataco), *Condalia microphylla* (piquillín) y *Lycium chilense* (llaollín) y en el estrato herbáceo. También, se determinó la producción herbácea aérea total (BHAT) y biomasa aérea de poáceas perennes (BAPP). Los tratamientos utilizados en el Campo Anexo INTA Chacharramendi (La Pampa) fueron: Testigo; Pastar Gold 1 L ha⁻¹; Pastar Gold 2 L ha⁻¹; Sendero 3 L ha⁻¹ y Sendero 4 L ha⁻¹, en un diseño en bloques completos al azar. La aplicación fue en noviembre 2017, con un pulverizador de arrastre a 240 L ha⁻¹ de caldo. Las especies estudiadas se vieron afectadas por la aplicación de los tratamientos ($p \leq 0,05$). La mortandad fue de 34 - 41 % en *N. flexuosa* var. *depressa*, 29 - 35 % en *N. flexuosa*, 1 - 4 % en *C. microphylla* y 16 - 23 % en *L. chilense*. Las dicotiledóneas herbáceas se vieron dañadas por la aplicación de los tratamientos, en cambio las poáceas perennes y anuales no presentaron fitotoxicidad. La BHAT aumentó significativamente ($p \leq 0,05$) a los 6 y 12 meses (15 - 43 % y 89 - 143 %, según tratamiento, respectivamente), al igual que BAPP a los 12 meses (72 - 124 %) posaplicación vs. el testigo. Transcurridos 18 meses BHAT y BAPP no se diferenciaron significativamente del testigo, pero sí numéricamente. Los herbicidas y dosis utilizados mostraron control de las especies leñosas, liberando recursos esenciales que posibilitó el aumento de la productividad área del estrato herbáceo.

Palabras clave: pastizal natural; lignificación; biomasa herbácea.

Abstract. Response of woody and herbaceous species to the application of hormonal herbicide. The increase in density, cover and distribution of woody species in the world's natural grasslands is a cause for concern due to the negative impact on livestock production. Various strategies and technologies were developed to control woody plants, among them the most used are fire, mechanical work and application of herbicides. The objective of the work was to evaluate the damage caused by the application of different hormonal herbicides, at different doses, on the woody species (ex *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*, Algarrobo), *Neltuma flexuosa* var. *depressa* (ex *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, Alpataco), *Condalia microphylla* (piquillín) and *Lycium chilense* (llaollín) in the herbaceous stratum. Also, the total aerial herbaceous production (BHAT) and aerial biomass of perennial poaceae (BAPP) were determined. The treatments used in the INTA Chacharramendi Annex Field (La Pampa) were: Control; Pastar Gold 1 L ha⁻¹; Pastar Gold 2 L ha⁻¹; Sendero 3 L ha⁻¹ and Sendero 4 L ha⁻¹, in a randomized complete block design. The application was in november 2017, with a drag sprayer at 240 L ha⁻¹ of broth. The species studied were affected by application of the treatments ($p \leq 0,05$). Mortality was 34 - 41 % in *N. flexuosa* var. *depressa*, 29 - 35 % in *N. flexuosa*, 1 - 4 % in *C. microphylla* and 16 - 23 % in *L. chilense*. The herbaceous dicotyledons were damaged by the application of the treatments, however the perennial and annual poaceae did not present phytotoxicity. BHAT increased significantly ($p \leq 0,05$) at 6 and 12 months (15 - 43 % and 89 - 143 %, depending on treatment, respectively), as did BAPP at 12 months (72 - 124 %) post-application vs. the control. After 18 months BHAT and BAPP did not differ significantly from the control, but they did differ numerically. The herbicide and doses used showed control of the woody species, releasing essential resources that made it possible to increase the area productivity of the herbaceous stratum.

Key words: natural grassland; lignification; herbaceous biomass.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales son ecosistemas dominados por comunidades vegetales nativas que pueden diferir en su estructura, funcionamiento y composición de especies (Sala et al., 2013). El aprovechamiento de los pastizales para la producción ganadera influye en la estructura y funcionamiento de estos. Las variaciones más

Cómo citar este trabajo:

Angolani, D. H. (2025). Respuesta de especies leñosas y herbáceas a la aplicación de herbicidas hormonales. *Semiárida*, 35(2), 69-78.

notables se observan en la composición botánica, resultado del reemplazo de gramíneas perennes preferidas por gramíneas perennes no preferidas y/o especies anuales, y el aumento de abundancia de especies leñosas (Archer et al., 2017; Estelrich et al., 2005; Vázquez et al., 2015; Westoby et al., 1989). Los pastizales naturales del mundo presentan diferentes grados de degradación, a causa del avance de las especies leñosas, las cuales compiten con las especies herbáceas por luz, agua y nutrientes. Este fenómeno se denomina lignificación y/o arbustización, y se caracteriza por el aumento en densidad, cobertura y distribución de las especies leñosas en detrimento de las poáceas perennes (Anadón et al., 2014; Archer et al., 2017; Cangiano et al., 2021; Córdoba et al., 2008; Suarez et al., 2019; Vázquez et al., 2015), lo que conlleva a una reducción de la oferta forrajera y complicaciones en la producción ganadera.

Se han desarrollado distintas estrategias y tecnologías para el control de la vegetación leñosa, entre las mismas, se destacan la quema prescripta, limpieza manual o mecánica y aplicación de químicos (Archer et al., 2017; Estelrich et al., 2022 a y b; Hamilton et al., 2004; Morici et al., 2022). El control de leñosas por métodos químicos se basa en la aplicación de herbicidas selectivos de acción sistémica, que en su gran mayoría presentan un modo de acción hormonal. Estos productos son capaces de alterar la fisiología de la planta, perturbando su crecimiento y desarrollo, pudiendo causar la muerte de esta. Los efectos fisiológicos pueden ser la disrupción del crecimiento por inhibición de la división celular, de la respiración y/o fotosíntesis, y/o interrupción de procesos metabólicos complejos (Arregui y Puricelli, 2013; Duke, 1996). La ventaja de esta familia de herbicidas es que no le causan efectos negativos a las poáceas, gracias a que estas presentan un transporte restringido y un metabolismo eficiente (Diez de Ulzurrun, 2013).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes herbicidas hormonales, a distintas dosis, sobre las especies leñosas *Neltuma flexuosa* (ex *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*, algarrobo), *Neltuma flexuosa* var. *depressa* (ex *Prosopis flexuosa* var. *depressa*, alpataco), *Condalia microphylla* (piquillín), *Lycium chilense* (llaollín); en el estrato herbáceo y, determinar si existía variación en la producción de biomasa aérea del estrato herbáceo gracias al control de las especies leñosas.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El trabajo experimental se realizó en una parcela de 25 ha en el Campo Anexo INTA Chacharramendi, provincia de La Pampa (37°22'S 64°46'W). El establecimiento tiene una superficie de 2657 ha, dividido en múltiples potreros de diferentes superficies. El clima es templado, semiárido, con precipitación media anual de 495 mm (1961-2019) con alta variabilidad intra e interanual y temperatura media anual del aire de 15,5 °C. La fisonomía de la vegetación corresponde a un bosque abierto de *N. flexuosa* con arbustal mixto de *Larrea divaricata* (jarrilla hembra), *Chuquiraga erinacea* (chilladora), *Condalia microphylla* (piquillín), *N. flexuosa* var. *depressa* y *Prosopidastrum angusticarpum* (manca caballo). En el estrato herbáceo predominan las poáceas forrajeras invernales (60-70 %) como *Nassella tenuis* (ex *Stipa tenuis*, flechilla fina), *Piptochaetium napostaense* (flechilla negra) y *Poa ligularis* (poa) (Adema, 2006). En el área se han presentado disturbios naturales, como incendio natural en 2016 y, antrópicos, rolado selectivo de baja intensidad como práctica programada de intervención para el control de vegetación leñosas.

Descripción del ensayo

Se delimitaron 15 parcelas de 20 m * 200 m, separadas entre sí por 10 m (Figura 1) en donde se aplicaron los siguientes tratamientos: Testigo; Pastar Gold 1 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado; Pastar Gold 2 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado; Sendero 3 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado y Sendero 4 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado.

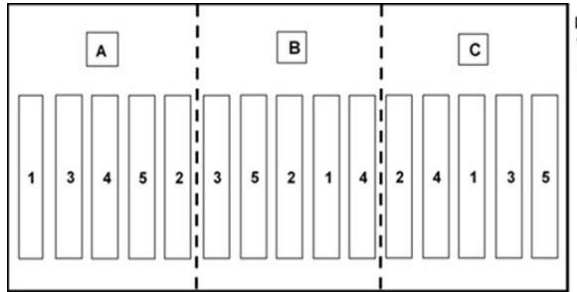


Figura 1. Croquis del diseño experimental A, B, C representan los bloques. 1: Testigo; 2: Pastar Gold 1 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado; 3: Pastar Gold 2 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado; 4: Sendero 3 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado y 5: Sendero 4 L ha⁻¹ + 2 % v/v sulfato de amonio + 1 % v/v aceite vegetal metilado.

Figure 1. Figure 1. Sketch of the experimental design A, B, C represent the block. 1: Witness; 2: Pastar Gold 1 L ha⁻¹ + 2 % v/v ammonium sulfate + 1 % v/v methylated vegetable oil; 3: Pastar gold 2 L ha⁻¹ + 2 % v/v ammonium sulfate + 1 % v/v methylated vegetable oil; 4: Sendero 3 L ha⁻¹ + 2 % v/v ammonium sulfate + 1 % v/v methylated vegetable oil; 5: Sendero 4 L ha⁻¹ + 2 % v/v ammonium sulfate + 1 % v/v methylated vegetable oil.

El vehículo de los tratamientos fue agua limpia, sin partículas en suspensión, con una dureza (expresada como CaCO₃) de 430 ppm, que clasifica como moderadamente dura según Andersen (2012). Se agregó corrector de pH, a razón de 25 cm³ por cada 100 L de agua como obtener un pH 5.

La aplicación se realizó el 16 de noviembre de 2017. El equipo utilizado fue un pulverizador de arrastre de 600 L de capacidad, con una barra de distribución ubicada a 2,4 m de altura, conformada por 2 alas individuales, equipadas con pastillas de abanico descentrado en los extremos y 2 de abanico plano en el centro. La velocidad de trabajo fue de 5 km h⁻¹, 4 bares de presión, un tamaño de gota de 400 µm, 10 m de ancho de labor y un caldo de aplicación de 240 L ha⁻¹. Las especies vegetales leñosas objeto de control se encontraban en activo crecimiento, con hojas nuevas totalmente desplegadas.

Se utilizó el índice Delta T (estima la cantidad de vapor que la atmósfera puede absorber a una temperatura dada) (Carrancio y Massaro, 2019), para caracterizar meteorológicamente la aplicación, la misma se realizó en condiciones adecuadas (Tabla 1).

	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad Viento (km h ⁻¹)	Dirección viento	Δt
16/11/2017	18 - 25	41 - 22	5 – 14,5	NO	6,6 - 10

Δt: Delta T. NO: noroeste.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas durante la aplicación de los tratamientos.

Table 1. Meteorological conditions during the application of the treatments.

Variables medidas

Para estimar el daño provocado por los diferentes tratamientos sobre las especies leñosas y herbáceas se utilizó un indicador visual denominado grado de daño. El mismo se define como la proporción de tejido que presenta signos claros de afección por el herbicida, y se cuantificó en base a una adaptación propia (Tabla 2) de la escala de evaluación visual de daño para malezas arbustivas propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas en el año 1974 (Chaila, 1986).

Las especies leñosas evaluadas fueron *N. flexuosa*, *N. flexuosa* var. *depressa*, *C. microphylla* y *L. chilense*. En cada una de las parcelas se seleccionaron al azar y se marcaron 10 individuos de cada una de las especies. Se realizaron evaluaciones cada 30 días posaplicación durante 90 días y luego cada 60 días hasta los 720 días posaplicación.

Índice		Síntomas
0	Ningún Daño	
1	Daño Leve	Clorosis ligera; manchas necróticas; leves malformaciones.
2	Daño Moderado	Clorosis intensa; necrosis; malformaciones acentuadas; caída parcial de hojas.
3	Daño Severo	Defoliación total; presencia de rebrotes/tallos verdes; muerte de ramas.
4	Muerte Total	Muerte total de la planta y rebrotes.

Tabla 2. Escala de evaluación visual de daño por herbicida.

Table 2. Scale for visual evaluation of herbicide damage.

En el estrato herbáceo se evaluaron las poáceas perennes, poáceas anuales y dicotiledóneas herbáceas. Para ello, en cada parcela se instaló una transecta fija de 30 m de longitud, sobre la cual se distribuyeron 10 unidades de muestreo de 0,5 m² a intervalos de 3 m. Los primeros 90 días posaplicación se realizaron evaluaciones cada 30 días, y luego cada 60 días hasta los 365 días posaplicación.

Con los datos obtenidos se determinó: el grado de daño promedio en cada especie leñosa y por grupo del estrato herbáceo (poáceas perennes, poáceas anuales y dicotiledóneas herbáceas); la contribución porcentual de cada nivel de daño al grado de daño promedio de cada especie leñosa y; porcentaje de mortandad de cada especie leñosa por tratamiento.

También, se determinó la producción de biomasa aérea de poáceas perennes (BAPP) y biomasa herbácea aérea total (BHAT), la cual se compuso como la suma de la BAPP más la biomasa aérea de poáceas anuales y dicotiledóneas herbáceas. En cada parcela se ubicó al azar una transecta línea de 30 m de longitud sobre que se distribuyeron 10 unidades de muestreo de 0,5 m². El material herbáceo se cortó a ras del suelo, se separó en poáceas perennes y otras especies y se secó a 70 °C hasta peso constante. Las determinaciones fueron inmediatamente antes, y transcurrido 6, 12 y 18 meses desde la aplicación de los tratamientos.

Análisis estadístico

El grado de daño promedio de cada especie leñosa y de las dicotiledóneas herbáceas y el porcentaje de mortandad de cada especie leñosa se analizaron por separado mediante ANOVA, según un diseño anidado en bloques completos. Las medias fueron comparadas con la prueba LSD de Fisher, con un nivel de significancia de 0,05.

La BAPP y BHAT obtenidos antes de realizar la aplicación de los herbicidas se le realizó un análisis descriptivo (media y desvío estándar). Las BAPP y BHAT de fechas posteriores se analizaron por separado mediante ANCOVA, según un diseño anidado en bloques completos, utilizando los datos de BAPP y BHAT previos a la aplicación de los tratamientos como covariables. Los datos de BAPP y BHAT correspondiente a los 12 y 18 meses posaplicación se transformaron a raíz cuadrada para lograr un mejor ajuste a los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Las medias se compararon con la prueba LSD de Fisher, a un nivel de significancia de 0,05.

Todos los análisis se realizaron utilizando el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2019).

RESULTADOS

En las especies leñosas evaluadas el grado de daño promedio se vio afectado por la aplicación de los diferentes tratamientos ($p \leq 0,05$). En *N. flexuosa*, *C. microphylla* y *L. chilense* los tratamientos con aplicación de herbicidas no presentaron diferencias entre sí en el grado de daño

promedio, pero si presentaron diferencias significativas con el testigo, y en *N. flexuosa* var. *depressa* se presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos (Figura 2).

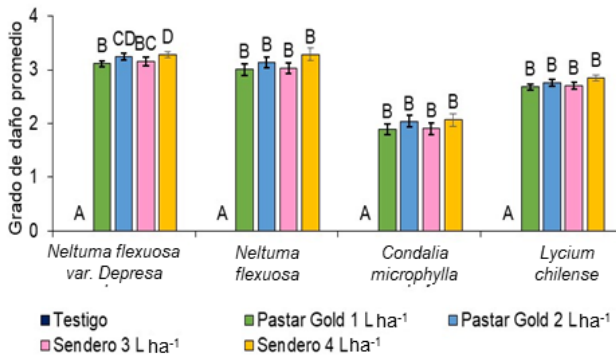


Figura 2. Grado de daño promedio observado en *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* y *Lycium chilense* para cada tratamiento. En cada especie, letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las medias comparadas. Cada valor representa el promedio de 12 fechas de lecturas y 3 réplicas. En cada columna la barra por encima y por debajo representa ± 1 error estándar.

Figure 2. Average degree of damage observed in *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* and *Lycium chilense* for each treatment. In each species, different letters indicate significant differences ($p \leq 0,05$) between the compared means. Each value represents the average of 12 reading dates and 3 replicates. In each column the bar above and below represents ± 1 standard error.

En *N. flexuosa* var. *depressa* y *N. flexuosa* el nivel de daño 3 (daño severo) fue el que mayor participación tuvo en el grado de daño promedio, en *C. microphylla* fue de 2 (daño moderado) y en *L. chilense* correspondió al grado 2 y 3 (Figura 3).

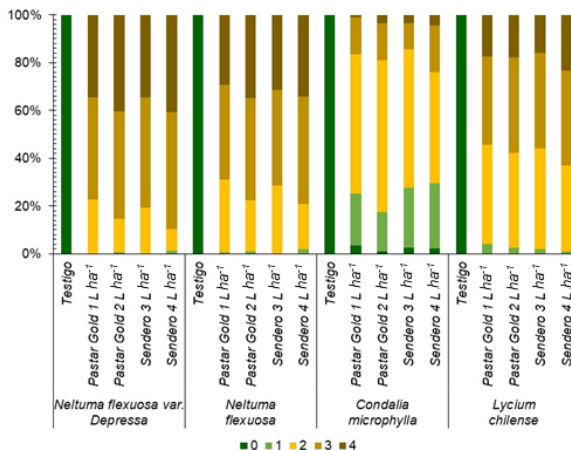


Figura 3. Contribución porcentual de cada nivel de daño al grado de daño promedio en *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* y *Lycium chilense* por tratamiento. Cada columna representa el porcentaje en las 12 fechas de lecturas y 3 réplicas.

Figure 3. Percentage contribution of each damage level to the average damage degree in *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* and *Lycium chilense* by treatment. Each column represents the percentage across the 12 dates of reads and 3 replicates.

Con respecto al porcentaje de mortandad (grado de daño 4) de las especies leñosas en aquellos tratamientos que contenían herbicidas, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en las especies *N. flexuosa* var. *depressa* y *L. chilense* (Figura 4).

En las dicotiledóneas herbáceas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos que contenían herbicida, pero si con el testigo ($p \leq 0,05$). Las poáceas perennes y poáceas anuales no presentaron signos de afección por los diferentes tratamientos.

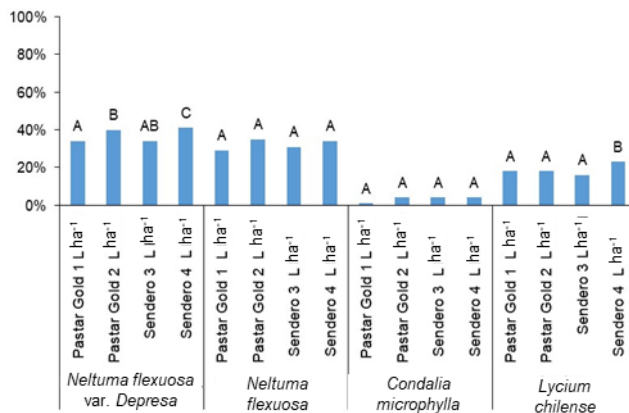


Figura 4. Porcentaje de mortandad (grado de daño 4) observado en *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* y *Lycium chilense* para cada tratamiento. En cada especie, letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las medias comparadas. Cada columna representa el porcentaje en las 12 fechas de lecturas y 3 réplicas.

Figure 4. Percentage of mortality (damage degree 4) observed in *Neltuma flexuosa* var. *depressa*, *Neltuma flexuosa*, *Condalia microphylla* and *Lycium chilense* for each treatment. In each species different letters indicate significant differences ($p \leq 0,05$) between the compared means. Each column represents the percentage across the 12 dates of reads and 3 replicate.

Antes de la aplicación de los tratamientos, la BHAT de todas las parcelas experimentales era de unos 600 kgMS ha⁻¹ aproximadamente, constituida por un 36 % de poáceas perennes, de las especies *Piptochaetium napostaense*, *Nassella tenuis* y *Poa lanuginosa*. A los 6 meses de la aplicación se encontraron diferencias significativas en la producción de BHAT ($p \leq 0,05$), contrariamente, la producción de BAPP no presentó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre los tratamientos. Transcurrido 12 meses de la aplicación la BHAT y BAPP se vieron afectadas por la aplicación de los diferentes tratamientos ($p \leq 0,05$). En cambio, a los 18 meses posaplicación, no se encontraron diferencias significativas en la producción de BHAT y BAPP por la aplicación de los diferentes tratamientos (Figura 5 y 6).

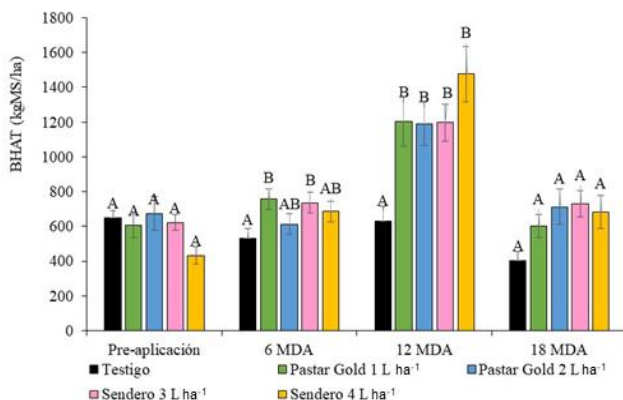


Figura 5. Biomasa herbácea aérea total (BHAT) previo y transcurrido 6, 12 y 18 meses después de la aplicación (MDA) de los tratamientos. Cada valor representa el promedio de 3 réplicas. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las medias comparadas. En cada columna la barra por encima y por debajo representa ± 1 error estándar.

Figure 5. Total aerial herbaceous biomass (BHAT) before and after 6, 12 and 18 months after the application (MDA) of the treatments. Each value represents the average of 3 replicates. Different letters on the columns indicate significant differences ($p \leq 0,05$) between the compared means. In each column the bar above and below represents ± 1 standard error.

DISCUSIÓN

Las especies leñosas estudiadas mostraron respuestas diferenciales a los herbicidas y dosis utilizados. Los mayores niveles de mortandad se observaron en *N. flexuosa* (34 - 41 %) y *N. flexuosa* (29 - 35 %), seguido por *L. chilense* (16 - 23 %) y *C. microphylla* (1 - 4 %).

Diferencias morfológicas y de arquitectura del dosel entre *N. flexuosa* y *N. flexuosa* var. *depressa* podrían explicar la susceptibilidad diferencial de las mismas a los herbicidas utilizados.

Por un lado, la mayor altura de planta que alcanza la especie *N. flexuosa*, comparada con *N. flexuosa* var. *depressa*, determina que la distancia a recorrer por el herbicida, una vez ingresado a la planta, para llegar a los puntos de crecimiento, sea mayor, amentando la probabilidad de metabolización en el recorrido (Jacoby et al., 1990a). También, durante la pulverización, gran parte de la copa de las plantas de *N. flexuosa* se encontraban a mayor altura que la barra de aplicación, generando un menor mojado que repercute en un menor ingreso de herbicida en la planta. Eddy et al., (2020) reportaron menores daños de *Neltuma glandulosa* (ex *Prosopis glandulosa*, mezquite) en aquellos ejemplares de menor altura que estaban protegidos por ejemplares de mayor altura. En este sentido, el follaje más tupido *N. flexuosa* podría haber generado un efecto protector sobre las hojas ubicadas más internamente en el dosel provocando que menor cantidad de herbicida estuviera disponible

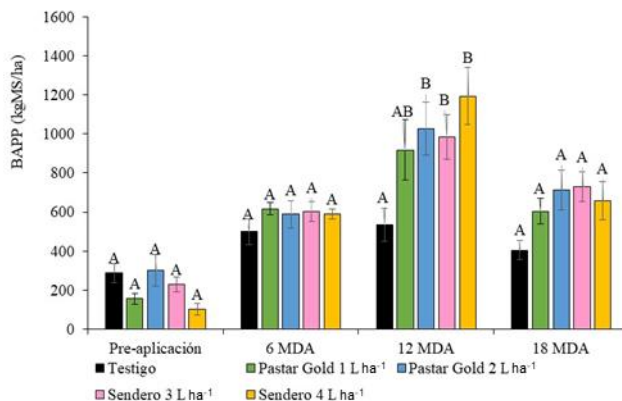


Figura 6. Biomasa aérea de poáceas perennes (BAPP) previo y transcurrido 6, 12 y 18 meses después de la aplicación (MDA) de los tratamientos. Cada valor representa el promedio de 3 réplicas. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las medias comparadas. En cada columna la barra por encima y por debajo representa ± 1 error estándar.

Figure 6. Aerial biomass of perennial poaceae (BAPP) before and after 6, 12 and 18 months after the application (MDA) of the treatments. Each value represents the average of 3 replicates. Different letters on the columns indicate significant differences ($p \leq 0,05$) between the compared means. In each column the bar above and below represents ± 1 standard error.

para ser absorbido, esta situación también se produjo en *C. microphylla*.

Existe una correlación entre la temperatura del suelo y la respuesta de las especies a los herbicidas. Según Dahl y Sosebee (1984) y Welch (1995), en *N. glandulosa* los mejores resultados se obtienen cuando la temperatura de suelo es de unos 25 °C a los 30 cm de profundidad, por lo cual el desarrollo y largo de las raíces de las especies es un factor que considerar. En este sentido, *N. flexuosa* desarrolla raíces profundas (Alvarez y Villagra, 2010) lo que podría influir en una respuesta más lenta al calentamiento del suelo, haciendo disminuir la eficacia de los herbicidas.

La membrana cuticular es el primer obstáculo que debe atravesar cualquier producto químico aplicado sobre la superficie foliar. Constituye una capa protectora de las partes aéreas de las plantas superiores, compuesta principalmente por cera y cutina, de una fracción de milímetro de espesor, y que limita la pérdida de agua del interior de la planta (Fernández, 1968). La estructura cuticular varía entre las especies, por las condiciones ambientales, parte de la planta y estado fenológico (Hull et al., 1979; Lallana et al., 2006; Peláez et al., 1985). *N. flexuosa* var. *depressa* presenta menor grosor cuticular que el resto de las especies (Vega Riveros et al., 2011) lo que contribuiría a explicar su mayor susceptibilidad al tratamiento con herbicida.

De las especies leñosas estudiadas, *C. microphylla* fue la que presentó menor porcentaje de mortandad y con respuestas variables entre las plantas. Estas respuestas diferenciales podrían deberse a diferente relación tallo/raíz (Jacoby et al., 1990b). En plantas con una relación tallo/raíz reducida, la cantidad de herbicida que ingresa por el follaje podría ser insuficiente para provocar la muerte de la planta. Lo anterior, determina la importancia de conocer la historia de disturbio que

tiene la superficie a intervenir químicamente. Otro factor influyente en la respuesta a herbicidas es la persistencia o no de las hojas (caduca o perenne), en el caso de las perennes, como lo es *C. microphylla*, en todo momento del año presentan hojas nuevas y viejas, teniendo estas últimas un mayor espesor cuticular y resistencia a la entrada de herbicida.

En las plantas que no presentaron mortandad, pero sí importantes síntomas de fitotoxicidad, como una alta defoliación, se esperaba que esto indujera rebrotes basales, tal como ocurre en las especies leñosas luego de un disturbio mecánico o fuego. No obstante, *N. flexuosa* var. *depressa*, *N. flexuosa* y *L. chilense*, transcurrido 24 meses de la aplicación de los herbicidas, no presentaron rebrotes basales, sino tallos y ramas verdes con material muerto entremezclado. Este resultado concuerda con lo informado por Ledesma et al. (2020a y b) para *Neltuma nigra*, *Geoffrea decorticans*, *Vachellia caven* (ex *Acacia caven*) y *Strombocarpa reptans*.

Disminuir la habilidad competitiva de las especies leñosas, librera luz, agua y nutrientes que pasan a estar disponibles para el estrato herbáceo (Ansley et al., 2004; Ansley y Castellano, 2006). En general, el control químico de las especies leñosas realizado aumentó de manera significativa y/o numérica la producción de biomasa herbácea aérea total, entre 15 - 43 %, 89 - 143 % y 49 - 80 % a los 6, 12 y 18 meses respectivamente, según tratamiento y de biomasa aérea de poáceas perennes con respecto al tratamiento testigo (sin aplicación de herbicida) y se mantuvo durante todo el tiempo que duro el estudio.

CONCLUSIONES

La utilización de herbicidas para el control de especies leñosas en busca de revertir la degradación del pastizal mostró resultados alentadores. La selectividad mostrada por los herbicidas, al no presentar daño las poáceas, sumado a la disminución de la captura de recursos por parte de las especies leñosas producto del control, quedo reflejado en un aumento de la producción de biomasa herbácea, lo que permitiría aumentar la producción ganadera de la zona.

La mortandad de las leñosas indeseables representa el efecto más contundente y esperado del tratamiento con herbicida, pero el resto de los daños que causan también son importante en la medida que disturban la fisiología, morfología y crecimiento, reduciendo la habilidad competitiva de las leñosas, liberando recursos (agua, nutrientes, luz) que favorecen el establecimiento y crecimiento de las especies herbáceas deseables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adema, E. (2006). Recuperación de pastizales mediante rolado en el Caldenal y Monte Occidental. *Publicación Técnica* N° 65. INTA EEA Anguil, 52.
- Alvarez, J. A. y Villagra, P. E. (2010). *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*, 35(1), 47-61. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-59622010000100005
- Anadón, J. D., Sala, O. E., Turner, B. L., & Bennett, E. M. (2014). Effect of woody-plant encroachment on livestock production in North and South America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(35), 12948-12953. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320585111>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00150.x>
- Ansley, R. J., Pinchak, W. E., Teague, W. R., Kramp, B. A., Jones, D. L., & Jacoby, P. W. (2004). Long-term grass yields following chemical control of honey Mesquite. *Journal of Range Management*, 57(1), 49-57. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2004\)057\[0049:LYFCCJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2004)057[0049:LYFCCJ]2.0.CO;2)
- Archer, S. R., Andersen, E. M., Predick, K. I., Schwinning, S., Steidl, R. J., & Woods, S. R. (2017). Chapter 2: Woody plant encroachment causes and consequences. En D. D., Briske (Ed), *Rangeland Systems: Processes, Management and Challenges* (pp. 25-84). Springer.
- Arregui, M. C. y Puricelli, E. (2013). *Mecanismo de acción de plaguicidas*. 1a ed. Rosario: UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario.
- Cangiano, M. L., Cendoya, M. A., Álvarez Redondo, M., Ernst, E. D., Gómez, M. M., Larroulet, M. S., López, G. E., Estelrich, H. D., Morici, E. F. A., Suárez, C. E., Sawczuk, N., Reyes, M., Allione, L. R., & Bogino, S. M. (2021). Ecosystem services of *Prosopis caldenia* woodlands in the Argentinean Pampas. En R. Batista (Ed). *Prosopis. Properties, Uses and Diversity*. Nova Science Publishers, Inc.

- Carrancio, L. A. y Massaro, R. A. (2019). El Delta T (Δt) como indicador del ambiente meteorológico para pulverizaciones. Para mejorar la Producción 58, 211-2019 (agosto 2019). <http://hdl.handle.net/20.500.12123/17574>
- Chaila, S. (1986). Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y control. *Revista Malezas*, 14, 66-67.
- Córdoba, L., Adema, E., Babinec, F., Rodríguez, N. y Ernst, R. (2008). Control químico de arbustos para prevenir la destrucción de alambrados por incendios. *Publicación Técnica, INTA EEA Anguil* (75), 40.
- Dahl, B. E., & Sosebee, R. E. (1984). *Timing-the key to herbicidal control of mesquite*. Manage. Note 2, Department Range and Wild Manage. Texas Tech University, Lubbock.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2019). InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Díez de Ulzurrun P. (2013). Manejo de malezas problemas. Modos de acción herbicida. REM - AAPRESID. 39 p.
- Duke, S. O. (1988). *Herbicide-Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory and Technical Aspects*. (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351073196>
- Eddy, J. D., Stockbridge, D., Hart, C. R., Cross, J. G., & Luna, R. S. (2020). Herbicide treatment of Western honey mesquite. *Rangelands*, 42(6), 179-190. <http://hdl.handle.net/10150/667783>
- Estelrich, H. D., Chirino, C. C., Morici, E. F. y Fernández, B. (2005). Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina-Modelo Conceptual. En J. Paruelo, M. Oesterheld y M. Aguiar (Eds.), *Heterogeneidad de la Vegetación. Libro homenaje a Rolando León* (pp. 351-364). FAUBA.
- Estelrich, H. D., Suárez, C. E. y Morici, E. F. A. (2022). Capítulo 4: El Fuego En Áreas de Bosque con Pajonal y Fachinales En H. D. Estelrich y C. E. Suárez (Comp./Eds), *El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación*, (pp. 52-66). EdUNLPam.
- Estelrich, H. D., Suárez, C. E., Morici, E. F. A. y Ernst, R. D. (2022). Capítulo 2022. Capítulo 7: Intervenciones Combinadas en Áreas de Bosque con Renoval-Arbustal y Fachinales. En H. D. Estelrich y C. E. Suárez (Comp./Eds), *El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación*, (pp. 97-110). EdUNLPam.
- Fernández, O. A. (1968). Penetración foliar de herbicidas. *Ciencia e investigación*, 24(12), 547-559.
- Hamilton, W. T., McGinty, A., Ueckert, D. N., Hanselka, C. W., & Lee, M. R. (2004). *Brush management: Past, present, future*. Collage Station, Texas A&M University Press.
- Hull, H. M., West, T. W., & Blackman, C. A. (1979). Environmental modification of epicuticular wax structures of *Prosopis* leaves. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 14(2), 39-42.
- Jacoby, P. W., Ansley, R. J., Meadors, C. H., & Cuomo, C. J. (1990b). Control of honey Mesquite with herbicides: influence of stem number. *Journal of Rangeland Ecology & Management*, 43(1), 36-38.
- Jacoby, P. W., Meadors, C. H. and Ansley, R. J. (1990a). Control of honey mesquite with Herbicides: influence of plant height. *Journal of Rangeland Ecology & Management*, 43(1), 33-35.
- Lallana, M.D. C., Billard, C. E., Elizalde, J. H. y Lallana, V. H. (2006). Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 17(33), 229-241.
- Ledesma, R., Saracco, F., Gerlero, G., Wolf Celoné, U. I., Valiente, S., Silvetti, J. G. y Díaz Falú, E. (2020a). Cambios en la estructura aérea de las leñosas arbustivas luego de la aplicación de tratamientos químicos y rolo en un sitio de pastizal del Chaco semiárido, Argentina. En A. Palladino, J. M. Cantet, A. La Manna, R. Cantet y I. Ceconi (Eds). *Actas 43° Congreso Argentino de Producción Animal Virtual. Revista Argentina de Producción Animal*, 40(Supl.1), 129.
- Ledesma, R., Saracco, F., Gerlero, G., Wolf Celoné, U. I., Valiente, S., Silvetti, J. G. y Díaz Falú, E. (2020b). Evaluación del rebrote de leñosas arbustivas luego de la aplicación de tratamientos químicos y rolo en un sitio el Chaco semiárido, Argentina. En A. Palladino, J. M. Cantet, A. La Manna, R. Cantet y I. Ceconi (Eds.). *Actas 43° Congreso Argentino de Producción Animal Virtual. Revista Argentina de Producción Animal*, 40(Supl.1), 129.
- Revista Argentina de Producción Animal Vol 40 Supl.1:39-170 (2020)
- Morici, E. F. A., Estelrich, H. D., Suárez, C. E. y Ernst, R. D. (2022). Capítulo 6: Rolado Selectivo de Baja Intensidad en Áreas de Bosque con Renoval-Arbustal y Fachinales En H. D. Estelrich y C. E. Suárez (Comp./Eds), *El bosque de caldén: un abordaje multidisciplinario para su manejo y conservación*, (pp.86-96). EdUNLPam.
- Peláez, D. V., Bóo, R. M. y Elía, O. R. (1985). Variación del espesor cuticular de cinco especies arbustivas del sur del Caldenal, provincia de La Pampa, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*, 6, 177-182.
- Sala, O. E., Vivanco, L., & Flombaum, P. (2013). Chapter: Grassland Ecosystems. In S.A Levin (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 1-7). Academic Press.
- Suárez, C. E., Estelrich, H. D., Morici, E., Ernst, R. D., Sawczuk, N., Perez Payeras, M., Parodi, N. y Cueto, J. (2019). Lignificación de sistemas naturales en la región semiárida central de Argentina. XXXVII Jornadas Argentinas de Botánica. Tucumán. Argentina.

- Vázquez, P., Llorens, E., Poey, S. y Stefanazzi, I. (2015). Proceso de Lignificación en la provincia de La Pampa, Argentina. Identificación a Partir de Sensores Remotos. En P. L. Peri (Ed.). Actas del III Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional Agroforestal. Iguazú, Misiones. Ediciones INTA.
- Vega Riveros, C., Meglioli, P. A. y Villagra, P. E. (2011). *Prosopis alpataco* Phil. (Fabaceae, Mimosoideae). *Kurtziana*, 36(2), 53-64.
- Welch, T. G. (1995). Chemical weed and brush control suggestions for rangeland. *The Texas A&M University System*, Texas, 1466, 20.
- Westoby, M., Walker, B., & Noy-Meir, I. (1989). Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 42(4), 266-274.