

CONTROL MECANICO DE ARBUSTOS PARA MEJORAR LA PRODUCCION FORRAJERA DE PASTIZALES ARIDOS

Reginaldo de Luna V.¹

Jorge Galo Medina T.²

Gilberto Gloria H.³

RESUMEN

El presente estudio, realizado en el Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas, de la UAAAN, tuvo como objetivo básico la evaluación de la efectividad y costos de diversos tratamientos mecánicos en el control de arbustos. Las prácticas evaluadas fueron: a) tratamientos que causan disturbio al suelo: 1) rastra, 2) cuchilla, 3) arado y 4) rotocultivadora; b) tratamientos que causan disturbio mínimo al suelo: 5) riel - un paso, 6) riel - dos pasos, 7) cable, y 8) desvaradora.

Al inicio del trabajo, el sitio de pastizal matorral parvifolio inerme estaba dominado por *Larrea divaricata* y *Flourensia cernua* (30% de cobertura), mientras que las gramíneas principales, *Bouteloua karwinskii* y *Setaria macrostachya*, tenían una cobertura del 14%.

De los tratamientos que causan disturbio mínimo al suelo, la práctica más prometedora, de acuerdo a los resultados del presente estudio, es el riel - dos pasadas que, para el caso de la *L. divaricata*, redujo su cobertura casi al

¹ Ing. M.S., ² Ph.D. y ³ Ing. Maestros investigadores del Depto. de Recursos Naturales Renovables, Div. Ciencia Animal, UAAAN.

100%. Además, tiene la ventaja de que sólo causa daños mínimos al estrato herbáceo (gramíneas y herbáceas deseables). En cuanto al grupo de tratamientos que sí causan disturbios significativos al suelo, todos tuvieron un efecto similar en la reducción de la cobertura aérea. Al tomar en cuenta el número de arbustos destruidos, el arado desenraizador y la rotocultivadora fueron los más sobresalientes. Sin embargo, todos estos tratamientos, reducen de manera drástica el estrato herbáceo y la superficie del suelo.

INTRODUCCION

Los principios científicos desarrollados para la transformación o mejoramiento de los pastizales, han tenido como propósito fundamental el incrementar, cuantitativa y cualitativamente, su productividad neta. En el Norte de México, millones de hectáreas de pastizales han sufrido una gradual, pero constante invasión de arbustos menos deseables, que han reemplazado las especies forrajeras deseables.

Dentro de las comunidades vegetales dominadas por arbustivas, el matorral de *Larrea tridentata* - *Flourensia cernua* es uno de los más importantes, en relación a la superficie que ocupa y al número de cabezas de ganado que sostiene. Por ello, la búsqueda de prácticas de manejo para incrementar la producción de forraje de este tipo de pastizal, puede traducirse en considerables beneficios para la producción pecuaria, conservación de suelo y agua, y control de la erosión eólica e hídrica.

El potencial para incrementar la productividad de este pastizal ha sido discutido por Mellado *et al.* (1976), quienes evaluaron la respuesta de una comunidad de *Larrea* - *Flourensia* en el Sureste de Coahuila, eliminando manual y selectivamente algunos de los componentes de los estratos herbáceo y arbustivo. En este estudio se reporta hasta un incremento del 260% de la producción forrajera por efecto de la remoción manual de las especies arbustivas, dejando únicamente las gramíneas nativas. Para el Estado de Chihuahua, González (1972) reportó un incremento del 500% en la producción de forraje para la misma comunidad, sembrando en estructuras de cosecha de agua zacates de porte alto, como sorgo (*Sorghum alnum*) y panizo azul (*Panicum antidotale*).

La aplicación extensiva de las prácticas de mejoramiento recomendadas para esta comunidad, particularmente el control de arbustos, requiere del diseño de medidas alternativas para eliminar los arbustos a un costo bajo y en un tiempo razonable.

El presente trabajo fue diseñado con el objetivo general de determinar la efectividad y costo de aplicación de varios métodos mecánicos para controlar especies arbustivas. En forma específica, se tuvo como objetivo el determinar los cambios de estado producidos en el pastizal, mediante la aplicación de diferentes tratamientos mecánicos, en términos de: 1) disminución de la cobertura del estrato arbustivo, 2) incremento en la producción de forraje, y 3) disturbio ocasionado a la superficie del suelo. Como objetivo complementario del estudio, se incluye la determinación de los niveles óptimos para algunas de las metas más comunes en problemas de control de arbustos: 1) maximizar la cobertura de zacates, 2) minimizar la cobertura de arbustos, 3) maximizar la mano de obra disponible, 4) minimizar los costos, y 5) minimizar el tiempo de control.

REVISION DE LITERATURA

La paulatina degradación de los pastizales, ha ocasionado que gran parte de la superficie se encuentre infestada por arbustos leñosos, plantas tóxicas y, en general, por plantas indeseables o menos deseables para el ganado doméstico. En los Estados Unidos, y específicamente para el Estado de Texas, Smith y Rechentin (1964) señalan que el 80% de los pastizales están invadidos por arbustos, y se encuentra la mitad de esta superficie con una cobertura mayor del 20%. Más recientemente, Uecker *et al.* (1982) reportan que las invasiones de hojásen en los pastizales semiáridos de Texas cubren alrededor de 5 millones de hectáreas.

Ante la amenazadora presión demográfica de la población humana, la producción de los pastizales tendrá que incrementarse a través de prácticas de manejo más adecuadas o convenientes. En este esfuerzo, el control de plantas indeseables constituye una importante alternativa para transformar los pastizales a estados sucesionales más avanzados y productivos. En este respecto, Lewis (1969) menciona que a través de una adecuada y cuidadosa selección del tipo y clase de ganado, estación de uso y presión del pastoreo, se puede lograr un alto grado de control de plantas menos deseables que pueden ser reemplazadas por otras más deseables. Este mismo autor, señala que un mayor control puede resultar más económico o ser requerido en los casos en que: a) las plantas invasoras del sitio presenten gran longevidad y un alto grado de competitividad, que impidan que el mejoramiento inducido por el manejo del ganado se alcance en un período de tiempo económicamente factible; b) se desee reemplazar el efecto del fuego en zonas transicionales entre pastizal y matorral o bosque, de tal manera que se maximice la super-

ficie de pastizal, sabana o bosque abierto; c) en un pastizal derivado de una comunidad de bosque se desee mantener el estado sucesional de pastizal e impedir que la sucesión prosiga hacia el estado avanzado de bosque; d) se requiera disminuir la abundancia de plantas venenosas o dañinas; y e) se quiera cambiar el equilibrio de las poblaciones de plantas para obtener una vegetación altamente deseable como objetivo de manejo.

Una vez que se ha determinado la necesidad de eliminar o reducir la densidad de una planta indeseable, la decisión más importante radica en elegir el método o tratamiento a utilizar. Algunas de las consideraciones básicas que influyen en la selección del método de control son (Vallentine, 1971): a) las características anátomo-morfológicas de las plantas a tratar; b) necesidad de revegetar artificialmente y preparación de la cama de siembra; y c) las características del sitio, especialmente el tipo y profundidad del suelo, la topografía y el potencial productivo. De todos los métodos disponibles para el control mecánico de los arbustos, Heady (1975) cita que los manuales son los más efectivos, y pueden usarse para crear y mantener la estructura de comunidad vegetal deseada, ya que constituyen el único medio para eliminar plantas indeseables donde la maquinaria o los herbicidas son ineficientes, o dañan a otras especies de valor económico. Sin embargo, su aplicación extensiva está limitada a las situaciones en que los arbustos indeseables presentan una baja densidad, ya que de lo contrario son lentos y costosos. Cuando la infestación es grande y las plantas relativamente grandes (mayores de 1.5 - 2 m), la opción está entre usar métodos mecánicos, o químicos. La efectividad del método de control empleado dependerá del sitio en particular, de la especie a eliminar y del grado de invasión.

Por lo que respecta al control químico, Heady (1975) sugiere que un herbicida ideal deberá reunir las características siguientes: a) acción selectiva, b) aplicación, c) fácil manejo, d) resultados efectivos, e) no tóxico para el ganado, y f) sin efectos acumulativos o residuales.

La decisión para utilizar equipo mecánico para el control de plantas indeseables, está determinado por el costo de implementación y la disponibilidad de maquinaria. Recientemente, Herbel (1983) ha resumido en 4 principios fundamentales los aspectos a considerar en el control mecánico de arbustos:

1. El tamaño y densidad de las plantas a tratar son 2 indicadores básicos para elegir entre un método manual y uno mecánico; las plantas pueden ser

eliminadas manualmente si su densidad es baja (no más de 80 individuos/ha) y su tamaño pequeño (hasta 90 cm de diámetro de copa). El uso de cable o cadena es bastante efectivo cuando se trata de eliminar arbustos adultos o árboles pequeños de edad uniforme y con tallos de más de 8 cm de diámetro. Para árboles más grandes y esparcidos, la cuchilla (bulldozer) es más recomendable. La rastra de discos puede usarse para eliminar arbustos pequeños, o cuando las plantas deseables son muy escasas y se requiere de revegetación artificial.

2. La presencia o ausencia de rebrote en los arbustos, es también un buen indicador para escoger el tratamiento adecuado. Si los arbustos presentan rebrote por debajo de la superficie del suelo, los métodos de cable, cadena, arado de discos y rastra de discos, no funcionan eficazmente.

3. Las condiciones del suelo influyen significativamente en la elección del método de control. Para suelos de textura gruesa, arenosos o francos, el cable y la cadena son efectivos. En cambio, la cuchilla, el arado desenraizador y el arado de discos, provocan un gran disturbio en el suelo, destruyen las plantas deseables y pueden propiciar la erosión del suelo.

4. Las condiciones topográficas del sitio determinan, asimismo, el grado de mecanización que es posible implementar en un programa de control de arbustos. La mayoría del equipo de control mecánico, sólo puede usarse en áreas relativamente planas, libres de piedras y rocas, y sin cárcavas profundas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo, de 1976 a 1980, en el Campo Experimental de Zonas Áridas Noria de Guadalupe, localizado a 30 km al Sur de Concepción del Oro, Zacatecas. Su clima corresponde al tipo seco o árido, con régimen de lluvias de verano y cálido. La temperatura media anual es de 12°C, con una evaporación anual media de 2 100 m, y una precipitación media anual de 351 mm. Aproximadamente el 70% de la precipitación anual ocurre durante la estación de crecimiento, en el verano.

El suelo es de textura media, con bajo contenido de materia orgánica y reacción moderada, o ligeramente alcalina. La capa impermeable se presenta entre los 20 y 30 cm de profundidad. La pedregosidad y roca superficial es escasa, pero la erosión hídrica varía de moderada a fuerte.

La vegetación corresponde al matorral parvifolio inerme dominado por *Larrea divaricata* y *Flourensia cernua*. El estrato arbustivo incluye como subdominantes a las especies siguientes: *Yucca filifera*, *Prosopis juliflora*, *Parthenium argentatum*, *Opuntia cantabrigiensis*, *O. engelmannii*, *Agave lechuguilla*, *Atriplex canescens*, y otras de menor dominancia. Las gramíneas encontradas en el estrato herbáceo son: *Bouteloua karwinskii*, *Setaria macrostachya*, *Sporobolus wrigthii*, *S. airoides*, *Buchloe dactyloides*, *Eriogonum pulchellum* y *Scleropogon brevifolius*.

El estudio se inició en abril de 1976 en una exclusión de 5 hectáreas; se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 2 repeticiones: el tamaño de la parcela experimental fue de 1 200 m², con una forma rectangular de 15 m de ancho y 80 m de largo. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- 1) un paso de riel
- 2) dos pasos de riel
- 3) cable
- 4) desvaradora
- 5) rastra agrícola
- 6) cuchilla agrícola
- 7) arado desenraizador
- 8) rotocultivadora

Cada uno de estos tratamientos fue aplicado separadamente durante abril y octubre de 1976, que corresponden al período previo y final de crecimiento de las plantas, respectivamente. Los primeros 4 tratamientos corresponden a prácticas que ocasionan daños mínimos a las especies herbáceas; los tratamientos restantes, sí dañan la vegetación herbácea y ocasionan disturbio al suelo.

Para la aplicación de los tratamientos se usó un tractor agrícola de 52 HP, el cual se mantuvo a una velocidad constante de 4.8 km/hora, con el propósito de estimar el trabajo y tiempo requeridos en la implementación de cada tratamiento.

Previo a la aplicación de los tratamientos, se determinó el estado inicial de la vegetación de la manera siguiente:

Estrato arbustivo. Se estimó la cobertura, frecuencia, dominancia y porcentaje de composición botánica, por medio de una línea de Canfield de

50 m de longitud, dividida en 4 sectores de 12.5 m. La densidad de los arbustos se estimó por conteo directo en una parcela circular de 6 m de diámetro, colocada en el centro de la parcela experimental.

Estrato herbáceo. Se estimó la cobertura, frecuencia, porcentaje de composición botánica y estado de suelo superficial, por medio de la línea de puntos.

Las mediciones anteriores fueron realizadas durante los veranos de 1977 a 1980, con el objeto de evaluar los cambios vegetacionales resultantes de la aplicación de los tratamientos.

Dado el gran número de especies presentes en el área experimental, el análisis se centró en las siguientes: *L. divaricata*, *F. cernua* y *P. argentatum* (arbustivas); *B. karwinskii* y *S. macrostachya* (zacates), las cuales se expresaron en porcentaje de cobertura relativa. Para cada tratamiento (incluyendo el testigo y control manual) se estimaron los siguientes parámetros: 1) cobertura relativa (o/o) de las 5 especies, 2) tiempo de implementación del control/ha, y 3) costo del control/ha, y mano de obra/ha.

La información anterior se incorporó en el modelo de asignación de recursos descrito por D'Aquino (1974) y Medina (1982). La evaluación con esta herramienta matemática se hizo en base a las siguientes funciones objetivo: 1) Maximizar la cobertura de zacates, 2) maximizar la mano de obra, 3) minimizar tiempo de control, y 5) minimizar la cobertura de arbustos.

RESULTADOS

En el área de estudio, el estado inicial de la vegetación, durante el verano de 1976, se presenta en los Cuadros 1 y 2, para los estratos arbustivos y herbáceo, respectivamente. En el estrato arbustivo, las especies *L. tridentata*, *F. cernua* y *P. incanum*, fueron las dominantes en cuanto a densidad y cobertura, y constituyeron el 89.50/o de la composición botánica. El estrato herbáceo está dominado principalmente por *B. karwinskii*, malezas anuales y *S. macrostachya*, con una composición botánica de 83.50/o.

La cobertura de la vegetación herbácea fue relativamente baja (20.90/o), casi el 500/o del suelo se encontró desnudo, con erosión hídrica de moderada a fuerte, y en ocasiones fuertemente compactado. El mantillo orgánico cubrió aproximadamente el 310/o del suelo, lo cual, aunado al hecho de que

Cuadro 1. Estado inicial de la vegetación arbustiva. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano, 1976.

Especies	Densidad (ind/ha)	Cobertura (%)	Composición botánica (%)
<i>Larrea divaricata</i>	2788	17.52	36.64
<i>Flourensia cernua</i>	2509	12.81	26.79
<i>Parthenium argentatum</i>	7433	12.46	26.06
<i>Acacia</i> sp	321	2.08	4.35
<i>Opuntia leptocaulis</i>	2065	1.04	2.17
<i>O. imbricata</i>	65	0.85	1.67
<i>Yucca filifera</i>	11	0.65	1.35
<i>Prosopis glandulosa</i>	5	0.40	0.83

Cuadro 2. Estado inicial de la vegetación herbácea. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano, 1976.

Especies	Cobertura (%)	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	12.47	61.56
Malezas anuales	2.63	12.54
<i>Setaria macrostachya</i>	1.97	9.39
<i>Zinnia acerosa</i>	1.80	8.58
<i>Erioneuron pulchellum</i>	1.30	6.20
<i>Muhlenbergia porteri</i>	0.47	2.24
Total de vegetación	20.91	
Mantillo	30.93	
Suelo desnudo	30.16	
Piedras	18.00	

B. karwinskii se le encontró predominantemente en los espacios intra-arbustivos, indica que la vegetación actual presenta una tendencia progresiva, como resultado de la protección del pastoreo durante los últimos 5 años.

Para facilitar el análisis de la información, los tratamientos se agruparon en 2 categorías: a) prácticas que no causan disturbio al suelo y vegetación, y b) prácticas que ocasionan disturbio al suelo y vegetación. En el primer grupo se incluyeron los tratamientos: paso de riel, cable y desvaradora; en el segundo grupo se involucra a las siguientes prácticas: rastra agrícola, cuchilla, arado desenraizador y rotocultivadora.

Prácticas que causan disturbio mínimo al suelo

Riel - un paso

El estado de la vegetación arbustiva, herbácea y cobertura del suelo, después de un año de la aplicación del tratamiento, se presenta en los Cuadros 3 y 4.

La aplicación del operador riel en una sola pasada, resultó en una disminución de la densidad de *L. divaricata* de un 850/o, y un 900/o de disminución de la cobertura; la densidad de *F. cernua* se redujo en un 510/o, y en un 800/o su cobertura. Esto se debe a que la mayoría de las plantas arrancadas fueron las más grandes. Para *P. incanum* se redujo en un 840/o la densidad, y en un 810/o la cobertura. En general, se observó que el riel tiene un mejor control de plantas arbustivas cuando no se acumulan ramas en su base, y cuando las plantas se encuentran aisladas. Posiblemente el suelo erosionado, al dejar más expuestas las bases de los tallos de las plantas, haya contribuido a tener una mayor efectividad.

En cuanto a la vegetación herbácea, no hubo daño aparente en el momento de la aplicación. Después de un año de la aplicación, se observó un aumento en la cobertura herbácea (9.410/o); las especies que más contribuyeron a este aumento fueron *B. karwinskii* y malezas anuales. Este aumento puede atribuirse a una o más de las siguientes causas: 1) disminución de la competencia de la vegetación arbustiva, 2) ligeros disturbios al suelo que favorecieron el establecimiento de nuevos individuos, y 3) el efecto propio de la tendencia progresiva del ecosistema, como resultado de la exclusión de uso desde hace 5 años.

Cuadro 3. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador riel (una pasada). Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la densidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	397	14.24	1.78	10.16
<i>Flourensia cernua</i>	1231	49.00	2.57	20.06
<i>Parthenium incanum</i>	1185	15.94	2.41	19.34
<i>Acacia</i> sp				
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1190	57.63	0.32	31.00
<i>O. imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>				
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 4. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador riel (una pasada). Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	18.25	5.78	61.86
Malezas anuales	7.50	4.87	25.42
<i>Setaria macrostachya</i>	1.75	0.23	5.93
<i>Zinnia acerosa</i>	1.75	— 0.05	5.93
<i>Erioneuron pulchellum</i>	0.25	— 1.05	0.84
<i>Muhlenbergia porteri</i>		— 0.49	
Total de vegetación	29.50	9.41	
Mantillo	31.50	0.57	
Suelo desnudo	16.00	— 14.16	
Piedra	23.00	5.00	

En cuanto a la microtopografía de la superficie del suelo, se observó un mejor efecto en las áreas planas. Las plantas que crecían en ligeros montículos fueron eliminadas más fácilmente, que las que crecían en ligeras depresiones.

El tiempo requerido para cubrir una hectárea con este tratamiento, fue de 35'42'', o sea que en una hora se pueden cubrir 1.6 ha, y en una jornada diaria de 8 hr se cubren 12.8 ha. Los costos de trabajo por hectárea fueron de \$ 29.75 (Cuadro 5).

Las probabilidades de éxito no fueron determinadas, porque es necesario repetir el experimento para su obtención; sin embargo, es posible utilizar el porcentaje de vegetación indeseable destruida. En este sentido, con la aplicación de este tratamiento se destruye del 51 al 85% de la vegetación arbustiva indeseable.

Riel - Dos pasos

Los cambios ocurridos como resultado de la aplicación del operador riel con dos pasadas (la segunda en sentido contrario), son presentados en los Cuadros 6 y 7.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad de *L. divaricata* se redujo en un 88% y la cobertura en un 99%, mientras que la densidad y cobertura de *F. cernua* se redujo en un 100%. Aunque sobrevivieron algunos individuos, éstos no fueron encontrados en el área de muestreo. La densidad de *P. incanum* se redujo en un 66% y la cobertura en un 68%. De acuerdo a estos resultados, se aumenta la efectividad del riel en la segunda pasada, especialmente sobre la especie *F. cernua*; esto puede deberse al hecho de que esta especie muestra un tronco o tallo basal más grueso que el de *L. divaricata*, y por lo tanto más difícil de arrancar en una primera pasada, pero la mayor exposición del tronco y la gran cantidad de plantas que quedan semiarrancadas, permite una mayor efectividad del operador en la segunda pasada.

En este tratamiento, al igual que en el anterior, no se observó daño de la vegetación herbácea, y también hubo un aumento en la cubierta vegetal herbácea después de un año. Las observaciones generales del tratamiento anterior, son también válidas para éste.

El costo y el tiempo en la aplicación del riel con dos pasadas son duplicados, y el porcentaje de vegetación indeseable destruida fue de 68 a 100%.

Cuadro 5. Tiempo requerido y costo de diferentes tratamientos aplicados a la comunidad *Larrea-Flourensia*. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac*.

Tratamiento	Tiempo/ha	Costo (°/o)/ha
1. Riel (un paso)	35' 42"	29.75
2. Riel (dos pasos)	1 hr 11' 24"	59.50
3. Cable (dos pasos)	16' 40"	27.78
4. Desvaradora	1 hr 23' 20"	69.42
5. Rastra agrícola	1 hr 07' 35"	56.33
6. Cuchilla	56' 48"	47.33
7. Arado desenraizador	2 hr 05' 00"	104.17
8. Rotocultivadora	1 hr 18' 06"	65.08

* Se consideró una velocidad de tractor de 4.8 km/hr y un costo de \$ 50.00/hr.

Cuadro 6. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador (dos pasadas). Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	°/o de la densidad inicial	Cobertura (°/o)	°/o de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	333.33	11.96	.2	1.14
<i>Flourensia cernua</i>	0.	0.	0.	0.
<i>Parthenium incanum</i>	2543.97	34.22	4.07	32.66
<i>Acacia</i> sp.	142.855	44.50	0.05	2.40
<i>Opuntia leptocaulis</i>	312.5	15.13	0.02	1.92
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>	14.285	130	0.04	
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 7. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador riel (dos pasadas). Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	14.25	1.78	49.13
Malezas anuales	7.75	5.12	26.72
<i>Setaria macrostachya</i>	0.25	— 1.72	0.86
<i>Zinnia acerosa</i>	3.25	1.45	11.20
<i>Erioneuron pulchellum</i>	3.50	2.20	12.06
<i>Muhlenbergia porteri</i>			
Total de vegetación	29.00	8.09	
Mantillo	21.00	— 9.29	
Suelo desnudo	24.75	— 5.91	
Piedra	25.25	7.25	

Cable

La aplicación del cable, de 3.8 cm de diámetro, resultó en un 45% de disminución de la densidad de *L. divaricata* y un 84% de la cobertura; *F. cernua* se redujo en un 32% y 60% en densidad y cobertura respectivamente, mientras que la densidad de *P. incanum* se redujo sólo en un 8% y su cobertura en un 19% (Cuadro 8). En general, se observó que el cable es poco efectivo en esta comunidad y funciona mejor en vegetación aislada, ya que éste tiende a levantarse en manchones de plantas arbustivas. Las plantas arrancadas fueron generalmente las más grandes.

En el estrato herbáceo no ocasiona daño alguno, y las diferencias presentadas en el Cuadro 9 pueden deberse, ya sea al error experimental del muestreo, o a la tendencia progresiva de esta comunidad. El tiempo en cubrir una hectárea fue de 16'40" (Cuadro 5), y el trabajo por ha, considerando la utilización de 2 tractores, fue \$ 27.78.

Cuadro 8. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador cable. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la densidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	1533.4	55.00	2.75	15.71
<i>Flourensia cernua</i>	1707.18	68.00	5.055	39.46
<i>Parthenium incanum</i>	6831.0	91.90	21.12	81.04
<i>Acacia</i> sp.				
<i>Opuntia leptocaulis</i>	2131.385	103.21	0.54	51.92
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>				
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 9. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador cable. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	6.25	6.22	25.77
Malezas anuales	7.25	4.62	29.89
<i>Setaria macrostachya</i>	3.25	1.28	13.40
<i>Zinnia acerosa</i>	3.00	1.20	12.37
<i>Erioneuron pulchellum</i>	3.75	2.45	15.46
<i>Muhlenbergia porteri</i>		— 0.47	
<i>Stipa</i> sp.	0.75	0.75	3.09
Total de vegetación	24.25	3.34	
Mantillo	21.25	— 9.68	
Suelo desnudo	22.75	— 7.41	
Piedra	31.25	13.25	

Desvaradora.

Este operador también resultó bastante efectivo para controlar plantas indeseables, ya que redujo la densidad de *L. divaricata*, *F. cernua* y *P. incanum* en un 56, 87 y 14%, respectivamente, y la cobertura en un 90, 99 y 57%, respectivamente para las 3 mismas especies (Cuadro 10). El mayor control observado sobre *F. cernua* pudo deberse a menor capacidad de rebrote de esta especie, así como a mayor número de individuos arrancados. Aunque el trabajo de este operador fue aproximadamente a 10 cm de la superficie del suelo, se observó que un número considerable de individuos eran arrancados, especialmente de *Flourensia*.

En el estrato arbustivo (Cuadro 11) no se observó daño alguno, y las diferencias encontradas son atribuidas, tanto al propio muestreo, como a la tendencia progresiva de este estrato, ya que la cobertura vegetal aumentó aquí en un 8.5%.

El tiempo requerido para cubrir una hectárea fue de 1 hr 23'20'', pudiéndose cubrir una jornada diaria de 8 hr de trabajo, 5.76 ha (Cuadro 5).

Cuadro 10. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador desvaradora. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la densidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	1217.285	43.66	1.765	10.07
<i>Flourensia cernua</i>	326.92	13.03	0.525	.41
<i>Parthenium incanum</i>	6426.08	86.45	5.305	42.58
<i>Acacia</i> sp.				
<i>Opuntia leptocaulis</i>	499.995	24.20	0.21	20.19
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>	250.0	2273.0	0.075	
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 11. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador desvaradora. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	9.5	— 2.97	32.20
Malezas anuales	8.25	5.62	28.81
<i>Setaria macrostachya</i>	1.0	— 0.97	3.38
<i>Zinnia acerosa</i>	3.5	1.7	11.86
<i>Erioneuron pulchellum</i>	7.0	5.7	23.72
<i>Muhlenbergia porteri</i>		— 0.47	
<i>Stipa</i> sp.	0.25	0.25	0.85
Total de vegetación	29.5	8.59	
Mantillo	20.5	— 10.43	
Suelo desnudo	28.5	— 1.66	
Piedra	21.5	3.5	

Prácticas que causan disturbio al suelo

Rastra Agrícola

La rastra agrícola redujo la densidad de *Larrea-Flourensia* y *Parthenium* en un 40, 72 y 69%, respectivamente, y la cobertura en 83, 94 y 75%, para las mismas 3 especies (Cuadro 12). Este operador no funcionó eficientemente; el implemento tenía poco peso y poco ángulo de corte, lo cual, aunado al tipo de suelo, no le permitió desarrollar un buen trabajo. Algunas plantas pequeñas quedaron entre 2 discos, y en las plantas grandes se observó que pasaba sobre ellas sin arrancarlas; la mayoría de éstas, sin embargo, fueron quebradas.

Debido al poco peso y ángulo de corte, no hubo mucho daño sobre la vegetación herbácea (Cuadro 13), y la preparación de la cama de siembra fue muy deficiente.

El tiempo requerido en la aplicación de este operador fue de 1 hr 03' 36", pudiéndose cubrir en una jornada de 8 hr, 7.1 ha, con un costo por hectárea de \$ 56.33.

Cuadro 12. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador rastra. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la densidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	1669.185	59.87	3.02	17.24
<i>Flourensia cernua</i>	691.39	27.56	0.785	6.13
<i>Parthenium incanum</i>	2278.285	30.65	3.13	25.12
<i>Acacia sp.</i>				
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1168.745	56.60	0.57	54.80
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>	14.285	130.0	1.1	
<i>Prosopis glandulosa</i>	11.11		1.1	

Cuadro 13. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador rastra. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	11.75	— 0.72	54.02
Malezas anuales	3.5	0.87	16.09
<i>Setaria macrostachya</i>	1.5	— 0.47	6.83
<i>Zinnia acerosa</i>	3.5	1.7	16.09
<i>Erioneuron pulchellum</i>	0.5	— 0.8	2.27
<i>Muhlenbergia porteri</i>	0.25	— 0.22	1.14
<i>Stipa sp.</i>	0.75	0.75	
Total de vegetación	21.75		
Mantillo	29.5	0.84	
Suelo desnudo	25.0	— 5.16	
Piedra	14.4	— 3.5	

Cuchilla

Las especies *Larrea divaricata* y *Flourensia cernua* fueron eliminadas en un 78 y 49% de su densidad inicial, respectivamente, y en un 96 y 92% de su cobertura inicial. El poco peso del implemento y el tipo de suelo no le permitieron desarrollar un mejor trabajo. *Parthenium incanum* fue eliminado en un 100% (Cuadro 14).

Contrario a lo que se esperaba, no hubo mucho daño en las gramíneas (Cuadro 15), sobre todo cuando se acumulaban tierras y ramas, y la cuchilla perdía su efecto de corte.

El tiempo por hectárea en la aplicación de este operador fue de 56'48'', con una cobertura de 8.4 ha/día, y con un costo por hectárea de \$ 47.33.

Cuadro 14. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador cuchilla. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la intensidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	616.36	22.11	0.715	4.08
<i>Flourensia cernua</i>	1285.695	51.24	1.045	8.16
<i>Parthenium incanum</i>				
<i>Acacia</i> sp.				
<i>Opuntia leptocaulis</i>				
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>				
<i>Prosopis glandulosa</i>	62.5		325	

Cuadro 15. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador cuchilla. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	12.25	- 0.22	6.20
Malezas anuales	6.75	4.12	34.17
<i>Setaria macrostachya</i>		- 1.97	
<i>Zinnia acerosa</i>	0.75	- 1.05	3.79
<i>Erioneuron pulchellum</i>		- 1.30	
<i>Muhlenbergia porteri</i>		- 0.47	
Total de vegetación	19.75	- 1.16	
Mantillo	17.25	- 13.68	
Suelo desnudo	37.00	6.84	
Piedra	19.75	1.75	

Arado Desenraizador

En la aplicación de este operador se obtuvieron los siguientes resultados: la densidad de *Larrea*, *Flourensia* y *Parthenium* se redujo en un 86, 80 y 89%, respectivamente, y la cobertura para las mismas especies en 98, 90 y 89% (Cuadro 16). Este implemento tuvo problemas para profundizar debido, tanto al tipo de suelo (poca profundidad y bastante pedregosidad), como a lo angosto del implemento (1 m de ancho) que provocó la acumulación de ramas. Cuando profundizó bien, tuvo un control excelente de las principales especies arbustivas.

Aunque el daño ocurrido en la vegetación herbácea no fue el esperado, por los problemas señalados, aquí el daño fue mayor, y aunque la cobertura herbácea no se redujo significativamente, sí hubo cambios significativos en el porcentaje de composición botánica, incrementándose fuertemente las malezas anuales (Cuadro 17).

Cuadro 16. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva por la aplicación del operador arado desenraizador. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la densidad inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea divaricata</i>	337.775	13.55	0.34	1.94
<i>Flourensia cernua</i>	496.555	19.79	1.25	9.75
<i>Parthenium incanum</i>	794.505	10.69	1.425	11.44
<i>Acacia</i> sp.				
<i>Opuntia leptocaulis</i>				
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>				
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 17. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo por la aplicación del operador arado desenraizador. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	4.75	— 7.72	26.38
Malezas anuales	11.50	8.87	63.88
<i>Setaria macrostachya</i>		— 1.97	
<i>Zinnia acerosa</i>	1.75	— 0.05	3.72
<i>Erioneuron pulchellum</i>		— 1.30	
<i>Muhlenbergia porteri</i>		— 0.47	
Total de vegetación	18.00	— 2.91	
Mantillo	22.5	— 8.43	
Suelo desnudo	30.5	0.34	
Piedra	21.5	3.5	

Lo angosto del implemento ocasiona que, tanto el tiempo por ha, 2 hr 05' (3.84 ha/día), como el trabajo/ha (\$ 104.17), sean mayores con este operador que con cualquier otro.

Por los problemas de profundidad y pedregosidad del suelo, y por la acumulación de ramas, la preparación de la cama de siembra tampoco fue la esperada.

Rotocultivadora

Aunque este operador está limitado a suelo profundo y sin rocas, en este trabajo funcionó con bastante eficiencia, eliminando un 66% de la densidad de *Larrea*, 94% de la de *Flourensia*, y 80% de la de *Parthenium* (Cuadro 18). Sin embargo, esta densidad está representada en su mayor parte por rebrotes ocurridos un año después del momento de la aplicación, lo cual se demuestra con los bajos porcentajes de cobertura: 0.365, 0.05 y 1.7 para *Larrea*, *Flourensia* y *Parthenium*, respectivamente.

En cuanto a preparación de cama de siembra, este operador hizo un excelente trabajo, dejando el suelo bien pulverizado y destruyendo prácticamente toda la vegetación. El 18% de la cobertura herbácea, que se presentó al siguiente año de su aplicación, está constituido en un 78% por malezas anuales (Cuadro 19). El tiempo requerido para trabajar una hectárea fue de 1 hr 18'06" (6.1 ha/día), con un costo de \$ 65.08.

Niveles Optimos de Control

A continuación se indican los datos de cobertura y composición botánica iniciales de la vegetación, que fueron usados como área testigo (alternativa de no hacer nada):

Especies	Cobertura	Composición botánica %
<i>L. tridentata</i>	17.5	41
<i>F. cernua</i>	12.8	29.9
<i>P. incanum</i>	12.5	29.1
<i>B. karwinskii</i>	12.5	83.0
<i>S. macrostachya</i>	2.0	13.0
<i>M. porteri</i>	0.5	3.0

Cuadro 18. Cambio de estado provocado en la vegetación arbustiva, por la aplicación del operador rotocultivadora. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977.

Especie	Densidad (ind/ha)	% de la cobertura inicial	Cobertura (%)	% de la cobertura inicial
<i>Larrea tridentata</i>	990.605	35.53	0.365	2.08
<i>Flourensia cernua</i>	142.855	5.69	0.05	0.39
<i>Parthenium incanum</i>	1491.335	20.06	1.7	13.64
<i>Acacia</i> sp.				
<i>Opuntia leptocaulis</i>	833.325	40.35	0.09	8.65
<i>Opuntia imbricata</i>				
<i>Yucca filifera</i>				
<i>Prosopis glandulosa</i>				

Cuadro 19. Cambio de estado provocado en la vegetación herbácea y cobertura del suelo, por la aplicación del operador rotocultivadora. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac. Verano de 1977

Especie	Cobertura (%)	Diferencia de la cobertura inicial	Composición botánica (%)
<i>Bouteloua karwinskii</i>	0.25	- 12.45	1.39
Malezas anuales	.14	11.37	77.77
<i>Setaria macrostachya</i>		- 1.97	
<i>Zinnia acerosa</i>	2.5	0.7	13.88
<i>Erioneuron pulchellum</i>	1.25	- 0.05	6.95
<i>Muhlenbergia porteri</i>		- 0.47	
Total de vegetación	18.00	- 2.91	
Mantillo	12.00	- 18.93	
Suelo desnudo	41.5	11.34	
Piedra	28.5	11.5	

El modelo se formuló considerando una superficie de pastizal de 1 000 ha; para este propósito se asumió que no era factible invertir más de 75 pesos por ha, i.e., más de 75 000 pesos para toda el área. Como restricción adicional, se incluyó un requerimiento mínimo de mano de obra proporcional al capital invertido; por ello, se consideró que por cada peso invertido, 1/4 parte se destinaría a pago de mano de obra. Además, como restricción operativa, se fijó un plazo máximo de un año, ó 2 920 horas, para terminar el plan de mejoramiento del pastizal.

También, como parte de la formulación, los 5 objetivos de control evaluados, se agruparon en 2 categorías: 1) objetivos de recursos fijos, los cuales presentan límites específicos que no pueden ser violados, i.e., presupuesto, mano de obra y tiempo de control; y 2) objetivos negociables, los cuales tienen la flexibilidad de no lograr y/o sobrepasar los límites o niveles establecidos, i.e., cobertura de zacates y arbustos-problema.

En el Cuadro 20 se describen las alternativas de manejo (tratamientos de control) que fueron consideradas en la formulación del modelo, con sus correspondientes valores de las variables evaluadas. En el Cuadro 21 se ilustran las diferencias observadas entre las especificaciones de niveles de control, en 3 diferentes etapas de la evaluación: 1) Niveles originales deseables como metas de control, 2) niveles de metas de control no limitantes, y 3) logros finales.

Una vez terminada la evaluación de los niveles originales de metas deseables para el control de arbustos en el área de estudio, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad para todos los valores de los objetivos de recursos fijos. Los resultados obtenidos de este procedimiento se encuentran en el Cuadro 22. De este último cuadro se puede observar que los objetivos de forraje, presupuesto y tiempo, resultaron con los mejores valores. En particular, el objetivo altamente deseable de maximizar la producción de forraje, que se puede leer en la primera hilera del Cuadro 22, resultó con la más alta producción de forraje, y sólo disminuyó de manera moderada, la cobertura de arbustos. El nivel de mano de obra usado, fue casi igual a la meta permanencia dentro del presupuesto disponible. En cuanto al aplicación, se utilizó el máximo tiempo disponible (2 920 horas). No, se puede observar que el objetivo, también altamente deseable maximizar la cubierta, se logró totalmente, con una producción de forraje y nivel de mano de obra adecuadas. En cambio, usó todo el presupuesto y

Cuadro 20. Descripción de alternativas de manejo para el mejoramiento de la comunidad *Larrea-Flourensia*
Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Alternativa	<i>L. divar.</i>	<i>F. cernua</i>	<i>B. karwinskii</i>	<i>S. macrostachya</i>	Tiempo hr	Costo \$ /ha	Mano de obra \$ /ha
	(Cobertura kg/ha %)						
X1 - No hacer nada	17.5	12.8	12.5	2.0	0	0	0
X2 - Riel - Un paso	1.8	2.6	18.2	1.8	.6	29.8	6.0
X3 - Riel - Dos pasos	.2	0	14.2	.2	1.2	59.5	11.9
X4 - Cable	2.8	5.1	6.2	3.2	.3	27.8	5.6
X5 - Desvaradora	1.8	.5	9.5	1.0	1.3	69.4	15.9
X6 - Rastra de discos	3.0	.8	11.8	1.5	1.12	56.3	11.3
X7 - Cuchilla agrícola	2.9	1.0	12.2	0	1.0	47.3	9.5
X8 - Arado desenraizador	.3	1.2	4.8	0	1.8	104.2	20.9
X9 - Rotocultivadora	.4	.5	.2	0	1.3	65.0	13.0
X10 - Manual	0	0	15.6	22	19.7	147.0	147.0

Cuadro 21. Niveles de control resultantes en 3 etapas de evaluación.

Meta	Metas de control deseables	Metas de control no limitantes	Logros finales
Minimizar costos	≤ 75 000	75 000	42 000
Maximizar mano de obra	≥ 25 000	10 000	15 799
Minimizar tiempo	≤ 2 920	2 920	2 228
Minimizar arbustos	≤ 5 000	10 000	2 000
Maximizar forraje	≥ 10 000	0	21 536

Cuadro 22. Resultados de la evaluación de 5 objetivos de control para los niveles deseables de metas.

Objetivo	Cobertura de forraje max/100	Cobertura de arbustos min/0	Niveles de metas deseables			
			Mano de obra	Costos	Tiempo	
			max/25 000	min/75 000	min/2 920	
Maximizar forraje	22 188	3 827	23 378	47 179	2 920	
Minimizar arbustos	17 433	0	24 910	75 000	2 920	
Maximizar mano de obra	10 677	1 567	27 561	75 000	2 920	
Minimizar costos	14 723	20 000	10 000	10 000	1 340	

tiempo disponibles. El resto de los objetivos pueden ser analizados de manera similar, con lo que se puede generar un rango adecuado de opciones para el productor y/o tomador de decisiones, a la luz de objetivos contrastantes y conflictivos, pero que permite visualizar de manera conjunta las opciones más pertinentes, y tomar la decisión más apropiada de acuerdo con las prioridades y restricciones existentes.

DISCUSION

Prácticas que causan disturbio mínimo al suelo

En general, el trabajo realizado en el primer grupo de operadores (Figura 1 y 2) que pueden ser utilizados, cuando la comunidad o ecosistema a mejorar o transformar no requiera de una resiembra de gramíneas, muestra al operador riel (con dos pasadas) como el más eficiente. El estrato herbáceo no es dañado por estos operadores y, por lo tanto, pueden utilizarse para inducir progresión donde exista suficiente vegetación herbácea coseable.

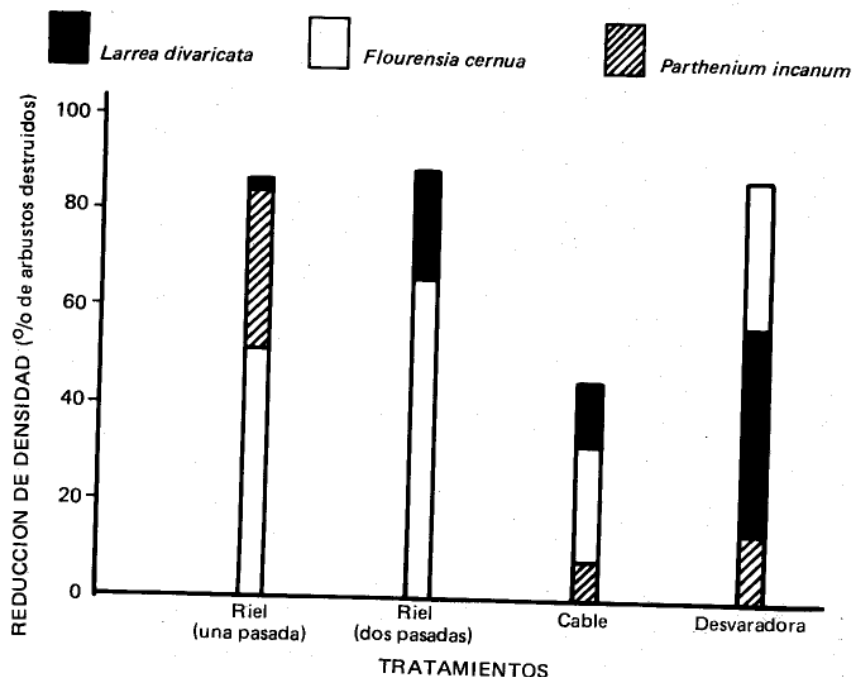


Figura 1. Efecto del riel, cable y desvaradora en la disminución de la densidad de arbustos.

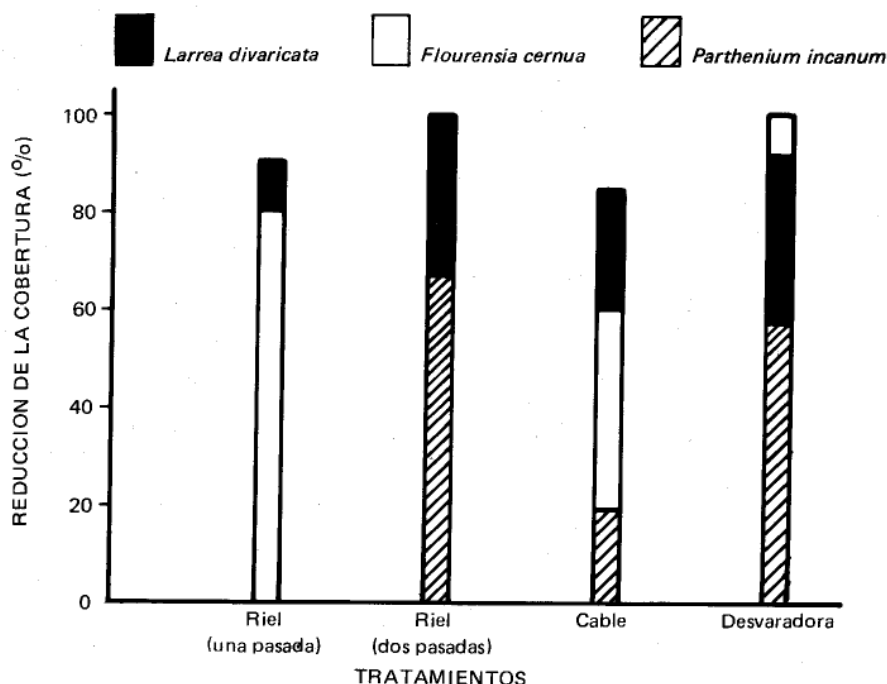


Figura 2. Efecto del riel, cable y desvaradora en la disminución de la cobertura de arbustos.

En lo que se refiere a los costos, éstos pueden disminuirse utilizando mayor amplitud de cobertura de los operadores, ya que esto no representa gran esfuerzo adicional del tractor. La eficiencia del riel puede mejorarse con otros diseños de arreglo.

Prácticas que causan Disturbio al Suelo

En el segundo grupo de tratamientos cuyo efecto en la superficie del suelo es significativo, se encuentran: la rastra agrícola, cuchilla, arado desenraizador y rotocultivadora. Analizados globalmente, en cuanto a su impacto en la disminución de la cobertura de las especies dominantes, se puede señalar que su comportamiento fue muy similar (Figura 3). Sin embargo, considerando el número de arbustos destruidos, el efecto mayor lo provocaron la rotocultivadora y el arado desenraizador (Figura 4). Para el caso de pastizales áridos con altos signos de degradación, estos tratamientos pueden ser de utilidad a pesar de su alto costo, si se adoptan medidas de manejo complementarias como son: el descanso del pastizal, resiembra de especies arbustivas y gramíneas nativas, obras de retención y conservación de agua, aprovechamiento de escurrimientos, etc.

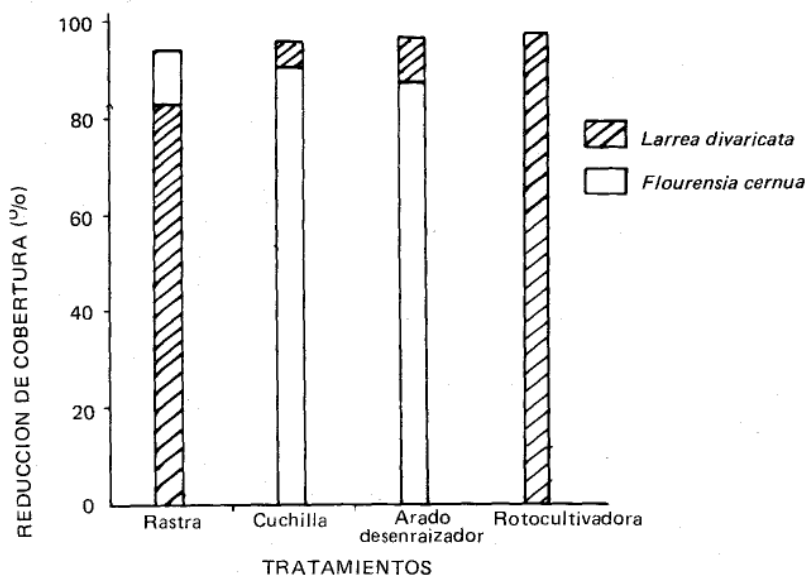


Figura 3. Efecto de la rastra, cuchilla, arado y rotocultivadora en la reducción de la cobertura de arbustos.

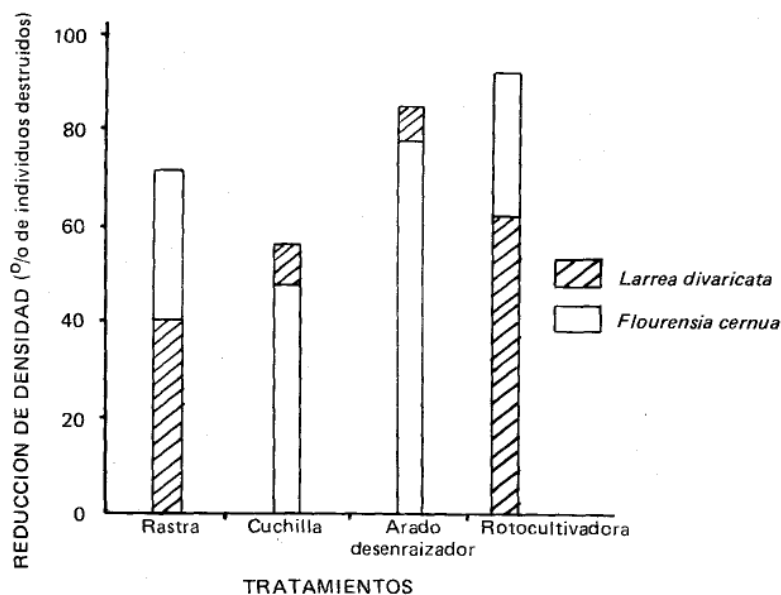


Figura 4. Efecto de la rastra, cuchilla, arado y rotocultivadora en la disminución de la densidad de arbustos.

CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden desprender las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Dentro de las prácticas que causan disturbio mínimo al suelo y a las gramíneas, el riel (dos pasos) mostró los mayores efectos en la reducción de la cobertura y densidad de los arbustos problema.
2. Dado el significativo efecto del riel, se deriva la necesidad de estudiar más profundamente diversas modalidades de aplicación del riel para este tipo de vegetación, como son: variaciones en su forma, peso, ángulo de corte, etc.
3. Para las prácticas que sí causan disturbio al suelo y vegetación, la disminución de la cobertura fue muy similar para todos los tratamientos. Sin embargo, en cuanto a la reducción en la densidad de arbustos, el mayor efecto se observó en la rotocultivadora.
4. En general, para todos los tratamientos evaluados, y considerando: a) la baja producción natural de los pastizales áridos, b) el alto costo de las prácticas, y c) el alto riesgo implícito en este tipo de operaciones, se recomienda incorporar la práctica de reducir mecánicamente las poblaciones de arbustos indeseables dentro de un esquema integral de manejo, que incluya entre otras cosas los siguientes aspectos: control en el número de animales, época y frecuencia de pastoreo, apotreramiento y distribución de aguajes y saladeros, y el establecimiento de praderas de propósitos especiales para las épocas secas.

BIBLIOGRAFIA

- D'Aquino, S.A. 1974. A case study for optimal allocation of range resources. J. Range Management. 28(3):228-233.
- González, M.H. 1972. Manipulating shrub-grass plant communities in arid zones for increased animal production. In: C.M. McKell, J.P. Blaisdell and J.R. Goodin (Ed). Wildland Shrubs-Their Biology and Utilization. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-1. pp. 425-434.

- Heady, H. 1975. Rangeland management. New York. Mc Graw Hill Book Co.
- Herbel, C.H. 1983. Principles of intensive range improvements. J. Range Manage. 36(2):140-144.
- Lewis, J.W. 1969. Range management viewed in the ecosystem framework. In: G.M. Van Dyne (Ed.). The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. New York. Academic Press. pp. 97-187.
- Medina T., J.G. 1982. Modelo de asignación de recursos. Primer Curso Corto. Planeación y Manejo de los Recursos Renovables en las Zonas Áridas. Centro de Investigación en Química Aplicada - Análisis de Sistemas en Zonas Áridas y Colorado State University. Saltillo, Coahuila.
- Mellado, B.M., J.G. Medina T., J.A. de la Cruz C. y M. Zapien B. 1976. Transformación sucesional de la comunidad de *Larrea-Flourensia* del Desierto Chihuahuense. Saltillo, México. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico-Científica. 2(6):490-561.
- Smith, H.N. and C.A. Rechenstein. 1964. Grassland restoration I. The Texas brush problem. Temple, Tex. USDA. Soil. Cons. Serv.
- Ueckert, D.N., P.W. Jacoby Jr. and S. Hartmann. 1982. Tarbush and forage response to selected pelleted herbicides in the Western Edwards Plateau. Texas Agr. Exp. Sta. College Station.
- Vallentine, J.K. 1971. Range development and improvements. Provo, Utah. Brigham Young University Press. 516 p.