

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RESPUESTA DE *Ulex europaeus* L. A LA QUEMA CONTROLADA

por

Raquel María BALERO PRENDE
José Manuel GÁNDARA GARCÍA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2003

Tesis aprobada por:

Director: Esteban Graf

_____.

Juan Pablo Chiara.

_____.

Graciela Romero.

_____.

Fecha: 19/12/2003

Autor: Raquel María Balero Prende.

_____.

José Manuel Gándara García.

_____.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los directores de tesis por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo. Del mismo modo debemos agradecer a los Ing. Agr. Juan F. Porcile y Crystal Amaro por su atención y material suministrado, ya que se trata del único antecedente a nivel nacional. Además debemos considerar el apoyo invaluable de nuestras familias durante el tiempo empleado en esta propuesta.

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro 1: Organismos fitopatógenos y la severidad producida	21
Cuadro 2: Características del tojal postquema luego del tratamiento 2001.	39
Cuadro 3: Características del tojal prequema 2002.....	40
Cuadro 4: Densidad de tojos adultos en evaluación postquema.....	41
Cuadro 5: Porcentaje de plantas rebrotadas al mes de la quema	41
Cuadro 6: Altura de plantas D según posición topográfica	51
Cuadro 7: Densidad promedio de tojo postquema de primavera	54
Cuadro 8: Análisis químico del suelo	54
Figura 1: Densidad de plantas por fecha de muestreo	42
Figura 2: Densidad de tojo según la posición topográfica por fecha de muestreo	42
Figura 3: Densidad de tojo según tirada , posición topográfica por fecha De muestreo	43
Figura 4: Número total de plantas de cada categoría por fecha de muestreo	44
Figura 5: Densidad de plantas A según posición topográfica y fecha de muestreo	45
Figura 6: Densidad de plantas A según tirada en zona alta	45
Figura 7: Densidad de plantas A según tirada en zona baja	46
Figura 8: Densidad de plantas B según la posición topográfica y fecha de muestreo	46
Figura 9: Densidad de plantas B según tirada, posición topográfica y fecha de muestreo	47

Figura 10: Densidad de plantas C según posición topográfica y fecha de muestreo	48
Figura 11: Densidad de plantas C según tirada y fecha de muestreo en zona alta	48
Figura 12: Densidad de plantas C según tirada y fecha de muestreo en zona baja.....	49
Figura 13: Densidad de plantas D según la posición topográfica y fecha de muestreo	49
Figura 14: Densidad de plantas D según tirada , posición topográfica y fecha de muestreo	50
Figura 15: Densidad de plantas D según la clase de altura y fecha de muestreo en zona alta	51
Figura 16: Densidad de plantas D según la clase de altura y fecha de muestreo en zona baja	52
Figura 17: Cobertura vegetal media según posición topográfica y tirada	53

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	IV
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN.....	2
2.2 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.....	3
2.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS.....	4
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA.....	6
2.5 DISTRIBUCIÓN NATURAL Y USOS.....	7
2.6 INVASIÓN DE ÁREAS EXÓTICAS.....	8
2.7 SITUACIÓN DEL TOJO EN URUGUAY.....	9
2.8 CONTROL.....	10
2.8.1 <u>Control químico</u>	10
2.8.2 <u>Control biológico</u>	15
2.8.2.1 Insectos granívoros.....	16
2.8.2.2 Artrópodos defoliadores.....	18
2.8.2.3 Hongos fitopatógenos – micoherbicidas.....	20
2.8.2.4 Otros organismos de interés.....	22
2.8.3 <u>Control físico</u>	23
2.8.3.1 Control manual.....	23
2.8.3.2 Control mecánico.....	25
2.8.3.3 Quemas controladas.....	26
2.8.4 <u>Control cultural</u>	29
2.8.5 <u>Pastoreo</u>	31
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	34
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA.....	34
3.2 EJECUCIÓN DE LAS QUEMAS CONTROLADAS.....	35
3.3 EVALUACIÓN DE LA QUEMA DEL AÑO 2001.....	35

3.4 EVALUACIÓN DE LAS QUEMAS DEL AÑO 2002.....	36
3.4.1 <u>Caracterización del tojal prequema de otoño</u>	36
3.4.2 <u>Determinación de las plantas rebrotadas post quema de otoño</u>	36
3.4.3 <u>Muestreo de las plantas del año</u>	36
3.4.4 <u>Muestreo y análisis de suelo</u>	37
4. <u>RESULTADOS</u>	39
4.1 EVALUACIÓN DE LA QUEMA 2001.....	39
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL TOJAL PREQUEMA DE OTOÑO.....	40
4.3 EFECTO DE LA QUEMA DE OTOÑO SOBRE LAS PLANTAS ESTABLECIDAS.....	40
4.4 REGENERACIÓN DE TOJO POSTQUEMA DE OTOÑO.....	41
4.4.1 <u>Análisis del total de plantas</u>	41
4.4.1.1 Evolución de la densidad total en la parcela.....	41
4.4.1.2 Efecto de la posición topográfica.....	42
4.4.2 <u>Análisis por tipo de planta</u>	44
4.4.2.1 Plantas A.....	44
4.4.2.2 Plantas B.....	46
4.4.2.3 Plantas C.....	47
4.4.2.4 Plantas D.....	49
4.5 EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL TOTAL POSTQUEMA DE OTOÑO.....	52
4.6 REGENERACIÓN DE TOJO POSTQUEMA DE PRIMAVERA.....	53
4.7 EFECTO DE LA QUEMA CONTROLADA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	54
5. <u>DISCUSIÓN</u>	55
5.1 EVOLUCIÓN DE LAS PLANTAS DEL AÑO A LA QUEMA CONTROLADA DE OTOÑO.....	55
5.2 EVALUACIÓN DE LA QUEMA CONTROLADA DE 2001.....	56
5.3 EL FUEGO COMO HERRAMIENTA DE CONTROL.....	57
6. <u>CONCLUSIONES</u>	58
7. <u>RESUMEN</u>	59
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	60

1. INTRODUCCIÓN

En determinados ecosistemas naturales y agroecosistemas del país, se encuentra *Ulex europaeus* Linnaeus, pudiendo formar comunidades extensas casi puras, denominadas tojales.

Es una leguminosa arbustiva espinosa, originaria de Europa, que ha sido introducida por el hombre en nuestro país como ornamental y para formar cercos vivos. En la región platense es adventicia. Se ha observado formando espontáneamente manchones densos e impenetrables, que se han extendido lentamente en el territorio nacional (Porcile, 2001).

Lejos han quedado las virtudes de esta planta debido a la problemática que genera, y por ello se busca su control en las áreas de incidencia. Los cambios en el uso de la tierra, especialmente la conversión de terrenos pastoriles a la forestación, así como la reducción del estoc ovino, han favorecido la extensión de los tojales. Como consecuencia se reducen las superficies productivas en los establecimientos y se dificultan diversas labores silvoagropecuarias. Su presencia y la dificultad de su erradicación podría estar reduciendo incluso el valor de los predios en el mercado inmobiliario.

Una forma de combatir esta maleza es mediante la quema controlada. A través de este procedimiento se trata de reducir las poblaciones, hacerlas manejables por otros métodos y evitar su posible dispersión hacia otras áreas.

Otras prácticas podrían ser satisfactorias en el control del tojo. Entre ellas se mencionan: el corte con pastera, la aplicación de herbicidas, el pastoreo con lanares y caprinos, así como combinaciones de algunos de ellos. No existe un método infalible, así que frente a cada situación en particular se tendrán que tener en cuenta las circunstancias (extensión y desarrollo del tojal, ubicación, tipo de suelo, costos, etc.).

Dado que es escasa la información nacional sobre la especie y su respuesta al fuego, este trabajo persigue como objetivo general, conocer los efectos del fuego sobre la regeneración de *Ulex europaeus*. Se parte de la hipótesis que la quema controlada resulta una alternativa -física y económicamente- efectiva a incorporar en un esquema de manejo integrado de la maleza.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN

De acuerdo a Doll *et al.* (1997) y Matthei *et al.* (2001), se denomina científicamente *Ulex europaeus* al tojo común, pero la especie también es vulgarmente conocida como: aliaga, aulaga, espino amarillo, tejo, toiso, toyo, (español), toxo (gallego); whin, gorse, broom, furze (inglés); ajonc (francés); ginestra spinosa (italiano), Europaischer Stechginster (alemán).

Su clasificación taxonómica es la siguiente: Clase: Dicotiledóneae, Familia: Leguminosae; Subfamilia: Papilionoidea; Tribu: Genisteae; Subtribu: Genistinea; Especie: *Ulex europaeus*.

Es una especie perenne, leñosa, de hábito arbustivo, cuya altura promedio se encuentra entre 1 a 3 m, aunque existen registros mayores en comunidades añosas. Presenta tallos erectos, numerosos, siendo común el hábito rastrero de los mismos. Las ramas son estriadas, terminadas en espinas en el ápice. Presenta hojas sésiles, levemente pilosas, reducidas a espinas (las adultas), o subuladas o escamosas oblongas a oblongo-lanceoladas.

Se caracteriza por presentar 1 a 3 flores, hermafroditas e irregulares, insertadas en las axilas de espinas y escamas. Las brácteas son de 1-2,5 mm de largo, con bracteolas de 2-3 mm de largo por 2,5-3 mm de ancho, pubescentes. El cáliz presenta 14-16 mm de largo, es bilabiado y pubescente. Por otra parte la corola tiene un largo de 15-20 mm, es de color amarilla y presenta alas (pétalos laterales) más largas que la quilla (pétalos ventrales soldados por sus bordes). Además se observa un estandarte o pétalo dorsal erguido.

El fruto es una legumbre de 11-20 mm de largo por 5,5 mm de ancho, pilosa, oblonga a levemente recta, curva en el ápice, con un número variable de semillas, que generalmente es de 6. Éstas últimas son de color verde oliva, de 2-3 mm de largo, angulosas, triangulares y presentan arilo.

El sistema radical está conformado por una raíz principal de reserva, raíces laterales y adventicias. Éste se caracteriza por ser fibroso, superficial, con órganos de reserva no muy desarrollados, condición que se da en la mayoría de los suelos. De la raíz principal se extienden raíces laterales que alcanzan más de 5 cm de profundidad.

Durante su crecimiento la planta desarrolla ramas procumbentes que se arrastran cerca de la superficie del suelo, produciendo raíces adventicias de aproximadamente 5 cm, portadoras de nódulos, los cuales realizan fijación biológica de nitrógeno. Estos nódulos presentan una vida promedio mayor, comparada con otras especies, y prosperan en condiciones altamente aeróbicas. Las bacterias fijadoras de nitrógeno son inhibidas en suelo excesivamente húmedo o alcalino, por lo tanto valores de pH entre 4 y 5 serían los más adecuados para la actividad de estos organismos.

2.2 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Ulex europaeus se caracteriza por ocupar ambientes degradados, detritos, restos de escombros, orillas de caminos, terrenos donde se ha efectuado quema, entre otros suelos muy alterados. Por lo tanto, se trata de una especie antrópica es decir que su nicho se expande con las actividades humanas. Los tojales son comunidades establecidas a modo de matorral extremadamente denso, casi puro e impenetrable (Hill, 1955; Moss 1978; Boyd, 1984; citados por Hoshovsky, 1989; Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Colombia, 2002).

Diversos autores la clasifican como una especie meso-xerófila que forma comunidades asociadas con otras especies del mismo género, además de algunas ericáceas y gramíneas. Es destacable la presencia de estomas hendidos. Éstos se ubican debajo de la gruesa capa de cera foliar y permiten que la planta prospere en suelos con deficiencias hídricas estivales (Boateng *et al*, 1992). También presenta raíces principales con capacidad de exploración en profundidad.

Por lo general está asociado a suelos de textura arenosa o pedregosa. No obstante, puede desarrollarse en suelos más pesados pero no en áreas altamente limosas. Se lo puede encontrar en la mayoría de los tipos de suelo (Hoshovsky, 1989), exceptuando aquellos que presentan un pH básico. El pH óptimo de crecimiento se encuentra entre 4,5 y 5 (Meeklah, 1979; citado por Hoshovsky, 1989; Binggeli, 1997; Doll *et al.*, 1997). Sin embargo existen registros de tojales establecidos en suelos con alto tenor de calcio, ligeramente alcalinos.

Esta leguminosa es una de las especies más tolerante a la acidez del suelo respecto a la mayoría de las de su familia. Las únicas restricciones son la nutrición adecuada y la disponibilidad de micronutrientes. Si bien sus requerimientos son bajos en cantidad, puede presentar deficiencias de

magnesio y boro. De hecho la falta de este último elemento traza se manifiesta como amarillamiento de hojas, crecimiento lento y maduración tardía (Zabkiewicz, 1976; citado por Hoshovsky, 1989).

En términos generales los tojales con *Ulex europaeus* se distribuyen por los suelos termo a meso-templados y meso-mediterráneo. Prolifera en clima templado oceánico con inviernos suaves y veranos frescos. Si bien puede prosperar en climas cálidos (Sri Lanka, Nueva Guinea, Costa Rica) prefiere climas templados con régimen medio de precipitaciones en ambos hemisferios (Doll *et al.*, 1997). Además presenta problemas en climas áridos, con inviernos rigurosos (Hoshovsky, 1989).

Cabe destacar que bajo condiciones de fuertes vientos y ambiente salobre las plantas presentan hábito arborescente debido al daño producido en los ápices en crecimiento por el viento y por el impacto del agua salada (Boyd 1984; citado por Hoshovsky, 1989).

Si bien no sobrevive en grandes altitudes, se lo ha encontrado en áreas montañosas del archipiélago de Hawái, entre 750 y 2000 m de altura (Markin, 1990; Tummons, 2002). Además en Sudamérica se han hallado tojales a más de 3200 m (Binggeli, 1997).

En Uruguay es clasificada como maleza de campo, seco y con alto nivel de calcio, característica de estados pioneros de la sucesión vegetal (Rosengurt, 1977; citado por Porcile, 2001). En nuestras condiciones se puede encontrar en sitios donde se satisfacen sus requerimientos: luz plena para su desarrollo y suelos arenosos o pedregosos empobrecidos. Cabe destacar que resiste ambientes costeros marinos adaptándose bien a las condiciones de los mismos. Más de un 60% de los suelos en aquellos sitios donde pueden prosperar corresponde a suelos de aptitud forestal de las Zonas 2 y 7 de la C.I.D.E (Porcile, 2001).

2.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

Se trata de una especie bianual o perenne con alta capacidad de floración, fructificación y producción de semillas. También es importante la propagación vegetativa a partir de segmentos del vástago. Además presenta capacidad de rebrote en sus raíces aún luego de haber sufrido severos tratamientos de erradicación. Sin embargo, la principal fuente de proliferación es la semilla (Hoshovsky, 1989), no obstante lo cual se ha registrado en Nueva Zelanda una variedad que no produce semillas (Miller, 1970; citado por Hoshovsky, 1989).

El tojo comienza a florecer a finales del invierno, pudiéndose encontrar plantas con flor en otra época del año. En el hemisferio sur el período de floración va desde agosto a octubre. La planta presenta un pico en primavera y otro de menor intensidad en otoño, hecho constatado en ambos hemisferios (Doll *et al.*, 1997). La formación de espinas a partir de ápices axilares se retrasa bajo condiciones de día corto (Zabkiewicz, 1976, citado por Hoshovsky, 1989; Doll *et al.*, 1997).

Esta especie se ha convertido en una exitosa invasora debido a que: 1) fija nitrógeno; 2) acidifica y, al menos temporalmente, empobrece el suelo extrayendo las bases del mismo; 3) sobrevive en distintos tipos de suelo; 4) produce gran cantidad de semillas tolerantes a altas temperaturas y de gran viabilidad, 5) presenta una rápida regeneración a partir de semillas así como también de rebrote de tocones luego de haber sufrido algún tipo de daño mecánico o físico.

Respecto a la fijación biológica de nitrógeno, se constató que es efectiva aún con napas de agua superficiales (Boyd, 1984; citado por Hoshovsky 1986). Por otra parte se afirma que es necesario un buen drenaje para que ocurra el proceso de fijación y simbiosis (Zabkiewicz, 1976; citado por Hoshovsky, 1989). Además según este último autor los rizobios encargados de la fijación actúan bajo condiciones de aerobiosis, y por lo tanto, en condiciones de anegamiento disminuyen notoriamente su actividad (Hoshovsky, 1989; Doll *et al.*, 1997).

Es destacable su naturaleza altamente inflamable. De hecho el aceite producido por la planta combinado con la materia seca muerta aumenta el riesgo de incendio. Debido a las altas densidades y el posible efecto alelopático frente a otras especies, la sucesión vegetal prácticamente se detendría o al menos estaría sujeta a las alteraciones propiciadas por las propias plantas de tojo (Herman *et al.*, 1968; citados por Hoshovsky, 1989; Binggeli, 1997). Según Binggeli (1997) se han registrado hasta 6000 vástagos/m², lo que da idea del volumen de combustible.

Ulex europaeus presenta un rápido crecimiento, pudiendo producir hasta 6000 kg/ha/año de materia seca. El nitrógeno puede acumularse a una tasa anual que varía de 100 a 200 kg/ha. Estas características conllevan a que la especie pueda sobrepasar en algunos casos la producción de pasturas fertilizadas y bien manejadas (Egunjobi, 1971; citado por Hoshovsky, 1989). Además debido al considerable porte que pueden alcanzar las plantas es difícil la reforestación de áreas cubiertas por la especie y el manejo de plantaciones forestales.

De acuerdo con la mayoría de los investigadores la especie presenta intolerancia a la sombra permanente, ya que se trata de una arbustiva estrictamente heliófila, es decir que no soporta un mínimo de sombreado. Es así que se acumula gran cantidad de necromasa en los matorrales debido en su mayor parte a la muerte de ramas bajas que son sombreadas por las superiores (Grubb *et al.*, 1969; citado por Hoshovsky, 1989).

Por otra parte, algunos autores sostienen que el tojo presenta relativamente bajos requerimientos de luz y que la sombra de otras especies tiene poco efecto en su floración y semillazón (Zabkiewicz, 1976; citado por Hoshovsky, 1989; Ivens, 1983; citado por Doll *et al.*, 1997).

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA

El banco de semillas es el principal factor en la persistencia de malezas leguminosas (Boedo, 2000). En *Ulex europaeus* la reproducción por semilla es la forma más importante de propagación y también es la más problemática de controlar (Hoshovsky, 1989).

Las semillas son esféricas a cordiformes, muy pequeñas promediando 150 mil/kg y con una tasa de producción de 500 a 600/m². Se han encontrado hasta 20 mil semillas/m² en los primeros 2,5 cm de suelo en el Estado de California (Zabkiewicz *et al.*, 1976; Hartley, 1980; citados por Hoshovsky, 1989).

La cubierta seminal es dura e impermeable al agua lo que impide la germinación inmediata. Las semillas pueden permanecer viables en el suelo en estado de dormancia hasta 30 años, existiendo evidencia de hasta más de 50 años (Zabkiewicz, 1976; citado por Hoshovsky, 1989; Doll *et al.*, 1997). Binggeli (1997) menciona que las mismas germinan luego de haber sido sometidas a temperaturas de hasta 88°C.

Según estudios realizados en Nueva Zelanda, la producción anual de semilla puede superar los 35 millones de semilla/ha/año (Parsons, 1973; citado por Doll *et al.*, 1997). Según trabajos publicados por Biointegral Research Center de California, el banco de semillas de un tojal maduro puede albergar hasta 600 millones de semillas/ha. Por otro lado, en el noroeste de España se encontró un valor promedio entre 6 a 10 millones de semillas/ha en matorrales establecidos (Puentes *et al.*; citado por Doll *et al.*, 1997). Según los autores todas ellas se hallan en los primeros 5 cm de suelo, presentando una viabilidad promedio de 95%.

En Nueva Zelanda se trató de determinar la longevidad de las semillas en el suelo en varias oportunidades. En una de ellas llevada a cabo en tres sitios con diferentes regímenes térmicos y de precipitaciones se observó lo siguiente: a) en dos de los sitios el número de semillas viables enterradas a 5 cm disminuyó 90% en un período de 10 años y 99% en un lapso de 20 años; b) sin embargo, en el tercer sitio las semillas lograron sobrevivir varias décadas en el banco (Gourlay *et al.*, 2001).

2.5 DISTRIBUCIÓN NATURAL Y USOS

La especie *Ulex europaeus* es originaria de Europa centro-occidental y del norte de África. Se encuentra en las costas de Dinamarca y Alemania, en las tierras bajas del oeste de Gran Bretaña, Francia, España, Portugal, Italia y Argelia. Fuera de su área de distribución natural se encuentra en Nueva Zelanda, Australia y en las costas este y oeste del continente americano (Doll *et al.*, 1997).

El género *Ulex* es muy común en España donde se han descrito unas 14 especies (Vicioso, 1962; citado por Porcile, 2001) caracterizadas por presentar diferentes requerimientos ambientales. La Consejería de Medio Ambiente de Galicia ha estado realizando varios trabajos sobre la diversidad de comunidades vegetales, entre ellas los tojales. En términos generales los de *Ulex europaeus* se distribuyen por los suelos termo-mesotemplados y mesomediterráneos, mientras que los de *U. minor* y/o *U. micranthus* son de distribución galaico-portuguesa (Noroeste de la Península Ibérica). Sin embargo, en las áreas supratempladas (norte de la Península Ibérica) solamente aparecen tojales de *U. gallii*.

Tradicionalmente, este tipo de formaciones vegetales se ha empleado para abastecer de materia verde los establos y formar, juntamente con los excrementos animales, el abono orgánico indispensable para la fertilización de los campos de cultivo y praderas (García, 1981). En algunas partes de Galicia existe constancia de la venta de semilla de *Ulex europaeus* en el mercado local para favorecer su regeneración o implantación en los montes (Consejería de Medio Ambiente de Galicia, 2002).

Esta especie fue ampliamente utilizada como forraje y cama para el ganado, estimando producciones de hasta 30000 kg MS/ha (García Moreno, 1906; citado por Porcile, 2001). En Francia ha sido muy utilizado como combustible para calentar los hornos. Además, en varios departamentos de dicho país se utilizó como alimento para el ganado luego de ser machacado para quitarle las espinas.

En la región sudoeste de Gran Bretaña, *U. europaeus* se hibrida naturalmente con *U. galli* debido a que los períodos de floración pueden superponerse. Esto le ha permitido alcanzar una gran variación intra e inter poblacional en dicha zona (Binggeli, 1997).

2.6 INVASIÓN DE ÁREAS EXÓTICAS

En Estados Unidos fue introducido por los inmigrantes europeos como planta ornamental y se naturalizó con gran facilidad. En la costa este del país se halla desde Virginia hasta Massachusetts (Amme, 1983; citado por Hoshovsky, 1989; Hermann *et al.*, 1968; citado por la Oficina de Control de Malezas del Estado de Washington, 2003).

Según diversos autores las poblaciones subespontáneas de la costa este no son de naturaleza agresiva respecto a la colonización de nuevas áreas como sí lo son las de la costa oeste (Markin *et al.*, 1994).

En la costa del Pacífico de América del Norte esta especie se encuentra ampliamente distribuida desde los condados del sur de California hasta el sudoeste de Columbia Británica en Canadá, más concretamente en la isla de Vancouver (Clements *et al.*, 2001). Se cree que antes de 1894 fueron introducidas semillas desde Irlanda al estado de Oregon como planta ornamental. A comienzos de los años 50 se propagó desde allí hacia el área costera de Oregon, Washington y norte de California (Hoshovsky, 1989).

En California la especie se introdujo en 1912 a través de plantas adultas que inmigrantes irlandeses traían consigo como “un trozo de Irlanda” (Pryor *et al.*, 1952, citado por Hoshovsky, 1989). Sin embargo se probó que en algunos condados de dicho estado existen comunidades de más de 100 años de edad (Boyd, 1984; citado por Hoshovsky, 1989). En los años 50 se registraban más de 6000 ha de tojo a lo largo de la línea costera del estado de California, mientras que en el de Oregon sobrepasaban las 150000 ha. Superficies similares son cubiertas a mediados de siglo en el estado de Washington. En estas zonas se ha convertido en un problema para el manejo de forestación y bosques nativos (Oficina de Control de Malezas del Estado de Washington, 2003).

El tojo es reconocido como una de las malezas más nocivas en Nueva Zelanda, Chile y Tasmania, y es considerada maleza en por lo menos otros 15 países o grupos de islas alrededor del mundo (Doll *et al.*, 1997). Tal es el caso de las islas Maui y Hawaii en el archipiélago homónimo, donde esta especie

cubre 15000 ha en zonas muy elevadas, entre 750-2400 m (Markin *et al.*, 1990). Se sabe que a mediados del siglo XIX la especie ingresó en estas islas por medio de semillas enredadas en lana de ovejas provenientes de Inglaterra, convirtiéndose en la peor plaga en dos de las islas del archipiélago hawaiano (Markin *et al.*, 1994).

En algunas zonas tropicales del sudeste asiático se ha convertido en una de las principales malezas invasoras. Este es el caso de Sri Lanka, donde cubre más del 80% de uno de los principales parques nacionales, dificultando enormemente el acceso (Amarasekera, 1998).

En Nueva Zelanda también se introdujo en lana de ovejas que eran llevadas desde Europa hacia los estados más grandes del país, sobre todo hacia terrenos pobres no aptos para la mayoría de los cultivos. De hecho los tojales cubren en la actualidad un 4,5% de la superficie productiva del país (Gourlay, 2003). Del mismo modo la especie ingresó a los estados meridionales de Australia, especialmente a Tasmania, donde se ha convertido en un verdadero problema. Se calcula que en un período de 150 años *Ulex europaeus* se naturalizó en Oceanía, compitiendo exitosamente con diversas especies nativas (Moss, 1978; citado por Hoshovsky, 1989; Gourlay, 2003).

Cabe destacar que en zonas del Caribe se han encontrado poblaciones subespontáneas en Costa Rica, Trinidad y Tobago, isla Reunión, entre otros sitios. En estos casos se han hallado matorrales a gran altitud para lo que es rango de altura propio de la especie.

En América del Sur se encuentra en amplias zonas de las costas del Pacífico de Colombia, Perú y Chile, así como también en Argentina, Uruguay y sur de Brasil. En estos últimos casos las semillas ingresaron hacia fines del siglo XIX con fines ornamentales (Porcile, 1998).

2.7 SITUACIÓN DEL TOJO EN EL URUGUAY

Hasta fines de 2000, su presencia en el país estaba asociada a plantaciones forestales en áreas de extensión variable en los departamentos de Canelones, Cerro Largo, Colonia, Florida, Lavalleja, Maldonado, Montevideo, Rivera, San José, Soriano, Tacuarembó y Treinta y Tres (Porcile, 2001).

En determinadas zonas esta maleza se puede establecer al costado de caminos y superficies no plantadas, como es el caso de los departamentos de Lavalleja, en áreas cercanas a Minas, y en Maldonado próximo a El Jagüel (Porcile, 2001).

En una macro observación del entorno en donde se realizó el presente trabajo se pudo constatar el desarrollo y establecimiento de esta maleza como una especie predominante dentro del sotobosque de plantaciones de *Eucalyptus globulus*.

2.8 CONTROL

El tipo de maleza y la naturaleza invasora de la misma, hacen que una vez extendida sea muy difícil de controlar. Estas características llevan a intentar controlar (no erradicar) la especie de una forma integrada, buscando optimizar los resultados de los diversos tipos de control disponibles.

En Columbia Británica (Canadá), varios expertos confeccionaron un listado de especies invasoras teniendo en cuenta: a) significancia del impacto; b) dificultad de control o de manejo; c) urgencia de control o manejo. Dentro de las quince especies nominadas, se realizó un ranking de las diez más difíciles de manejar. *Ulex europaeus* era la tercer especie en dificultad de manejo (Murray *et al.*, 2002).

En Nueva Zelanda (Isla del Sur), un sondeo de opinión reveló que *Ulex europaeus* es la maleza de mayor impacto en la agricultura en 3 de las 5 regiones en que se implementó la encuesta (Bascand *et al.*, 1982; citado por Bourdôt *et al.*, 1994).

2.8.1 Control químico

Este tipo de control ha sido ampliamente estudiado en Nueva Zelanda debido al impacto económico que ha tenido esta maleza. Se han realizado numerosos ensayos con diferentes productos químicos y con distintos métodos de aplicación.

Los herbicidas son considerados herramientas transitorias que posibilitan el manejo de las malezas evitando su desarrollo, lo que favorece la aparición y establecimiento de especies deseables (Biointegral Research Center, 2000).

Es importante el control del tojo en el establecimiento y en etapas tempranas de plantaciones forestales (Balneaves, 1978). Se debe tener en cuenta en la elección de los herbicidas: la baja toxicidad, el bajo poder residual, la efectividad sobre la especie objetivo y la prudencia en su aplicación.

El herbicida más utilizado en el control del tojo ha sido el 2,4,5-T, tanto en aplicaciones foliares como en los tocones. A menudo se le agrega un aceite que actúa como transportador, facilitando la absorción (Hilgendorf *et al.*, 1967; Balneaves *et al.*, 1982; Hartley *et al.*, 1982; Rolston *et al.*, 1983; citados por Boateng *et al.*, 1992). A partir del momento en que no se permite el uso de 2,4,5-T se han tenido que examinar y considerar otras opciones químicas en el control de la maleza (Boateng *et al.*, 1992).

Se ha comprobado que con aplicaciones de Picloram se consiguió controlar considerablemente el crecimiento de plántulas en el campo. Sin embargo, para lograr buenos resultados en plantas adultas serían necesarios tratamientos posteriores, incluyendo otras modalidades de control (Ivens, 1979; citado por Hoshovsky, 1989).

El principio activo Picloram pertenece al grupo de herbicidas de acción foliar traslocable; se aplica en el estado de post-emergencia de la planta. Su uso se ha restringido debido a que presenta alta residualidad y una lenta degradación por los microorganismos del suelo. Además en suelos ricos en materia orgánica, así como también en suelos arcillosos lateríticos, es retenido y presenta baja movilidad (Killingham, 1975; Amme, 1983; citados por Hoshovsky, 1989).

El uso de 2,4-D como agente de control no ha sido tan difundido como en otras malezas. Este principio activo también pertenece al grupo de herbicidas de acción foliar traslocable y es el que presenta menor residualidad del grupo. Es de tipo sistémico, usado ampliamente en el control de malezas de hoja ancha. Se aplica en el estado de post emergencia de las plantas (Colby *et al.*, 1989; Hoshovsky, 1989).

El Glifosato es otro herbicida usado en ensayos como agente de control. Pertenecer al grupo de acción foliar traslocable de tipo no selectivo. Esto indica que cubre un amplio espectro de especies y es de acción total. Por lo tanto, puede afectar gramíneas, tréboles y toda planta que entre en contacto con el mismo. Lo más apropiado sería la aplicación en áreas concretas y desprovistas de vegetación de interés (Colby *et al.*, 1989; Priestley, 2002). Se comprobó que la aplicación de glifosato es más efectiva sobre plántulas en la primera etapa del verano. En otoño existe una segunda etapa de crecimiento radical, por lo tanto la relación raíz/brote comienza a incrementarse. A medida que avanza esta estación se observa un aumento en la mortalidad de plántulas. Esto estaría explicado por la traslocación del producto hacia las raíces durante el otoño (Preest, 1980; citado por Hoshovsky, 1989). El mismo autor sostiene que la efectividad del glifosato aumenta cuando la cubierta cerosa de la hoja es menor, es decir al inicio de la estación de crecimiento.

Otro principio activo que se maneja es Triclopyr. Se trata de una auxina de tipo selectivo en el control de algunas plantas leñosas y malezas de hoja ancha. Este herbicida presenta un control superior en especies que rebrotan de raíz en comparación con otros tipos de herbicidas hormonales (Colby *et al.*, 1989).

En algunos ensayos se ha probado la combinación de dos principios activos, tal es el caso de Triclopyr y Picloram. El resultado sugiere que se utilice de preferencia Triclopyr a la combinación de los dos. En caso de que la aplicación tuviera lugar en una plantación forestal, este principio activo es menos dañino frente a las pequeñas plantas de los árboles y presenta un mayor control sobre la maleza durante el primer año de la plantación (Balneaves *et al.*, 1990; Costley *et al.*, 1991).

Los herbicidas que pertenecen al grupo de inhibidores meristemáticos efectivos en el control de esta especie son Metsulfuron e Imazapyr. El Metsulfuron mostró buenos resultados en el control de tojo blando (plantas nuevas), en aplicaciones realizadas a mediados del verano (Gaskin *et al.*, 1997). Estos principios activos se caracterizan por presentar traslocación aposimplástica, tanto desde la raíz como desde la hoja, pudiendo actuar como pre o post-emergente (Colby *et al.*, 1989).

Otros productos químicos empleados son: Hexazinona, Fosfamina de Amonio, Diquat, Dicamba, Clopyralid, Tebuthiuron (Hoshovsky, 1989).

Generalmente junto al herbicida se aplica un adyuvante el cual es un producto químico que favorece la adherencia y distribución de las gotas del producto de interés en las hojas de la planta. Esto facilitaría la absorción y posterior traslocación del herbicida, aumentando así su efectividad (Burril *et al.*, 1992).

Algunos de los productos comercialmente más conocidos en la aplicación con herbicidas, son del tipo organosiliconado, entre ellos se puede citar: Silwet L-77, Freeway, Break-Thru S240, Pulse, X-77 (Blowes *et al.*, 1987; Burril *et al.*, 1989; Isherwood *et al.*, 1989; Lim *et al.*, 1990; Gaskin *et al.*, 1991). Estos productos han estado sujetos a diversos ensayos, en muchos de ellos se usa con frecuencia el glifosato y el metsulfuron como herbicidas (Blowes *et al.*, 1987; Chow, *et al.*, 1989; Isherwood *et al.*, 1989; Gaskin *et al.*, 1991; Gaskin *et al.*, 1997). Otros aspectos importantes a tener en cuenta en el uso de adyuvantes son:

- a) Existe una concentración que depende del herbicida (Dastgheib *et al.*, 1994) Se ha demostrado que existe una interacción significativamente alta entre la tasa de adyuvante y la dosis de herbicida aplicada (Balneaves *et al.*, 1993).
- b) Presentan propiedades físicas y fisiológicas que aumentan el rendimiento de las formulaciones herbicidas (Lim *et al.*, 1990; Stevens *et al.*, 1990).
- c) Su uso es muy beneficioso en caso de producirse lluvias apenas realizada la aplicación (Balneaves *et al.*, 1992).

Respecto a los métodos de aplicación, los herbicidas pueden ser aplicados bajo dos formas: una general, abierta y no selectiva y la otra restringida a determinadas áreas con tratamientos selectivos.

El primer tipo de aplicación se ha convertido en el eje principal de la mayoría de los esfuerzos en el control de malezas. Esto se puede deber a la idea de que este método de erradicación sea seguro. La mayoría de los herbicidas que se aplican son no selectivos, por lo que su espectro de acción abarca la mayoría de las plantas, provocando su muerte. Aquellas especies que sobreviven al tratamiento luego de varias repeticiones, generarán resistencia al herbicida, lo que crea un problema difícil de resolver (Hoshovsky, 1989).

Cuando se emplea el método general, la aplicación del herbicida puede alcanzar muchas hojas de la planta. Sin embargo los productos aplicados de esta manera eliminarán gran parte de las especies nativas, las cuales poseen la capacidad de competir con malezas exóticas (Hoshovsky, 1989). Esta forma general de aplicación se recomienda únicamente cuando sea necesario. Por ejemplo, en lugares donde la infestación de la maleza sea muy densa y extensa o cuando los tojales deban ser secados previamente a un control con quema. También puede emplearse en la remoción de plantas adultas de manera de reducir el banco de semillas del suelo (Hoshovsky, 1989; Biointegral Research Center, 2000).

La aplicación concentrada o selectiva presenta varias técnicas para la aplicación manual de los herbicidas en las plantas objetivo, sin impactar en plantas u otros organismos deseables (Hoshovsky, 1989). La eficiencia aumenta cuando la densidad de tallos a controlar es baja. Se recomienda el agregado de un color a la mezcla química con el objetivo de marcar las plantas ya tratadas y de este modo disminuir el uso de herbicida. Cabe agregar que con este método de aplicación se reducen las pérdidas por deriva (Hoshovsky, 1989; Biointegral Research Center, 2000). Seguidamente se mencionan las técnicas de aplicación concentrada:

- a) Inyección a los tallos. Los herbicidas son inyectados en heridas o cortes en los tallos o en los troncos, con el objetivo de provocarle la muerte. Para que este tratamiento sea efectivo el herbicida debe penetrar al tejido cambial y ser soluble en agua. El producto es traslocado a través de la planta, pudiendo provocar la muerte de raíces lo cual es importante en la prevención del rebrote.
- b) Tratamiento al tocón cortado. Los herbicidas son directamente aplicados al área cambial más próxima al borde de los cortes frescos efectuados sobre los tocones. Las aplicaciones deben realizarse dentro de los 5-20 minutos de hecho el corte para asegurar su efectividad. Mc Henry (citado por Hoshovsky, 1989) sugiere que el mejor momento para realizar este tratamiento es a fines de la primavera. A comienzos de dicha estación la savia fluye hacia la superficie del corte pudiendo eliminar el producto. En otros momentos del año la traslocación es demasiado lenta para una adecuada distribución del producto.
- c) Aplicación de spray a la parte basal de los tallos. Esta técnica consiste en la aplicación de altas concentraciones de herbicida con algún coadyuvante, a la parte basal de los tallos de forma de provocarles la muerte. El coadyuvante es necesario para facilitar la penetración del producto a través de la corteza y de esta forma poder circular por el sistema vascular. Este método asegura la muerte de gran cantidad de raíces, especialmente en el descenso del producto cuando los fluidos vasculares se mueven hacia las mismas. Diámetros pequeños de tallo facilitan el uso de este método en vez de los anteriormente nombrados (Hoshovsky, 1989).
- d) Formulaciones granuladas o pellets. Este tipo de herbicida es esparcido en la base de las plantas no deseables. Como consecuencia de las lluvias este producto es disuelto y llevado hacia las raíces. El momento óptimo para su aplicación es a fines de la estación lluviosa, evitando de este modo que el producto salga de la zona radical (Hoshovsky, 1989).

Los herbicidas se pueden emplear en tojales establecidos en áreas extensas, con el fin de generar abundante cantidad de material combustible para un control posterior con quema. Otra opción es la aplicación durante el rebrote, luego de haber sufrido algún daño físico, como la quema o algún tratamiento mecánico.

El éxito del tratamiento con herbicida va a depender del momento y la frecuencia de aplicación. Diversos autores recomiendan su aplicación cuando las plantas oscilan entre 0,5 y 1 m de altura independientemente del tipo de producto que se utilice. Debe tenerse en cuenta que la germinación sea completa y que las plántulas presenten al menos entre 4 y 12 hojas. Los tratamientos realizados en tamaños de planta menores pueden ser menos

efectivos debido a que no hay suficiente área foliar para la absorción del herbicida (Preest, 1980; citado por Hoshovsky, 1989; Priestley, 2002).

La aplicación debe realizarse cuando las plantas están más susceptibles, preferentemente antes de la producción de semillas. Esto va a incidir en la efectividad del tratamiento. El momento óptimo para la aplicación de herbicidas es cuando las plantas están en activo crecimiento, antes o después de la floración. Esto ocurre durante la primavera, las etapas tempranas del verano y del otoño, y a mediados del invierno (Priestley, 2002). También se sugiere que el atardecer es el mejor momento del día para la aplicación debido a un mayor movimiento de la savia, salvo que el viento no sea un problema (Biointegral Research Center, 2000).

Es muy difícil erradicar el tojo con una simple aplicación de herbicida. (Balneaves, 1978). Existe la posibilidad de repetir aplicaciones o de lo contrario complementar el tratamiento químico con otras alternativas de control. Cabe aclarar que se deben considerar las condiciones de cada caso en particular, teniendo en cuenta el impacto en el ambiente.

2.8.2 Control biológico

Este tipo de control consiste en utilizar enemigos naturales (parasitoides, predadores y otros agentes fitopatógenos) con el fin de reducir la densidad de la maleza a niveles manejables. Este manejo implica en la mayoría de las situaciones, la introducción de insectos o de agentes patógenos exóticos, lo cual implica el estudio de posibles impactos negativos en la dinámica poblacional de artrópodos nativos (Hoshovsky, 1989). Además se debe asegurar que el impacto de dichos agentes de biocontrol ocurra únicamente en la especie objetivo, es decir solo en *Ulex europaeus* (Coombs *et al.*, 2003).

Este tipo de control lograría manejar de una forma natural y económica la maleza en cuestión en largo plazo. Sin embargo, según diversos investigadores pueden transcurrir entre 5 a 10 años hasta que logren establecerse las poblaciones de enemigos naturales introducidos (Biointegral Research Center, 2000).

Estos métodos de combate requieren numerosas investigaciones tanto en el lugar de origen del organismo a utilizar como en su sitio de destino. Por lo tanto, estas tareas insumen mucho tiempo y dinero y además en la mayoría de los casos los resultados pueden ser inciertos. No obstante, se pudo comprobar en varios análisis en Nueva Zelanda que los beneficios económicos derivados del

control biológico en tojo superan claramente a todos los tipos de costos (Hill *et al.*, 1990).

Se han realizado numerosos estudios en Europa durante los años 70 por "New Zealand Department of Scientific and Industrial Research" en los que se identificaron más de 90 insectos y ácaros que atacan al tojo común. Además se han considerado diversos hongos fitopatógenos como potenciales enemigos naturales de *Ulex europaeus*. A continuación se mencionan los principales organismos comprobados como eficaces agentes de biocontrol.

2.8.2.1 Insectos granívoros

Apion ulicis (Forster) es un coleóptero (Flia.:Curculionidae) que ha probado ser eficaz en disminuir los niveles poblacionales de *Ulex europaeus*. Se trata de un insecto que habita las plantas de tojo durante todo su ciclo biológico. Las hembras viven en los pimpollos donde cavan galerías hasta introducirse dentro de las vainas que aún permanecen cerradas. Una vez allí ocurre la oviposición y 10 semanas después emergen las larvas que se alimentarán exclusivamente de la semilla de esta leguminosa (Biointegral Research Center, 2000;). Además es efectivo en el control de varias malezas de esta familia (O'Brien, 1988; Coombs *et al.*, 2003). Se comprobó que la oviposición se da en vainas de 10 a 35 días de edad con preferencia por las de 21 días (Hodley, 1991).

En Estados Unidos se introdujeron poblaciones de este insecto desde mediados del siglo XIX, logrando establecerse definitivamente hacia 1982 en la costa oeste del país (Julien, 1982; citado por Hoshovsky, 1989). En Nueva Zelanda y en Hawaii se introdujo esta especie desde Europa y se consideró establecida en ambos sitios hacia fines de los años 80 (Markin *et al.*, 1990; Hill *et al.*, 1991).

Según ensayos llevados a cabo en Nueva Zelanda este insecto redujo en 35% la producción anual de semilla atacando más del 90% de las vainas inmaduras durante la primavera, que es el momento en que ocurre la oviposición Sin embargo, las semillas producidas antes (fines del invierno) y después (verano-otoño) escaparon al ataque de *Apion ulicis*. Debido a la falta de sincronización entre los picos de floración de la maleza y la biología reproductiva del insecto, la utilización de este enemigo natural es restringida (Gourlay *et al.*, 1991; Hinckman *et al.*, 2001).

Datos recogidos en Hawaii indican que luego de constatarse el establecimiento de esta especie en dos islas del archipiélago, se observó que el 85% de las vainas de los tojales muestreados habían sido atacadas por *Apion*

ulicis (Markin *et al.*, 1996). Asimismo en Nueva Zelanda se demostró que logra reducir la densidad de semilla hasta en un 45%, sobre todo en los bordes del matorral (Gourlay *et al.*, 1996).

Las larvas y pupas pueden encontrarse dentro de las vainas maduras de plantas de tojo desde mediados de primavera hasta fines del verano. Es deseable dejar una serie de plantas infestadas para que permitan la cría de este coleóptero y así su número será suficiente como para suprimir el crecimiento del tojal (Biointegral Research Center, 2000).

En América del Sur también se lo logró introducir exitosamente. De hecho se realizaron las primeras liberaciones a campo en Chile en 1991-1992 y se constató que se redujo significativamente la distancia de expulsión de semillas desde las plantas madre. Sin embargo, no se verificó reducción de la capacidad germinativa ni del peso de las semillas (Norambuena *et al.*, 2000).

Otros integrantes del género *Apion* poseen características de interés para combatir esta maleza. Entre ellos se destacan *Apion scutellare* y *Apion uliciperda* (Julien, 1982; citado por Hoshovsky, 1989; Markin *et al.*, 1990; Gourlay, 2003). Se efectuaron una serie de estudios en el noroeste de España en los que comprobó que *Apion ulicis* afecta principalmente la cantidad de semilla, mientras que *Apion uliciperda* lo hace sobre la calidad de las mismas (Menéndez, 1994). Este último se consideró como especie de interés ya que se alimenta de tejidos tiernos de crecimiento primario, principalmente los que ocurren luego de un incendio. Como contrapartida presentó una enorme dificultad para ser criado artificialmente en Gran Bretaña, por lo que se ha descartado actualmente como enemigo natural (Gourlay, 2003).

La semilla de tojo es atacada por un lepidóptero considerado como potencial enemigo natural en varias zonas, *Cydia succedana*. Esta especie, perteneciente a la familia Tortricidae, ha sido introducida en Nueva Zelanda en 1992 y demostró ser inocua para todas las especies de interés agronómico del país (Gourlay *et al.*, 2002). *Cydia succedana* presenta dos generaciones al año y en conjunto con *Apion ulicis* ataca casi el 100% de la semilla producida en primavera, así como también hasta el 15% de las que se generan en otoño. Cada larva destruye al menos dos vainas durante su desarrollo, consumiendo todas las semillas en su interior. Actualmente ambos insectos atacan conjuntamente el 50% de producción anual de semilla de tojo en determinadas zonas (Gourlay, 2003).

2.8.2.2 Artrópodos defoliadores

Dentro de este grupo se destaca notablemente *Agonopterix ulicitella* (Stainton). Este lepidóptero oecofórido se alimenta en sus estadios larvales del follaje del tojo, en el que además deposita sus huevos. El ataque de esta polilla debilita la planta, provocando un amarillamiento y posterior marchitamiento del ápice caulinar. De hecho se alimenta en sus diversos estadios larvales de tejidos tiernos de tallo (Rolston *et al.*, 1981; citado por Hoshovsky, 1989; Gourlay, 2003).

Agonopterix ulicitella se logró introducir y reproducir exitosamente en Chile donde pudo establecerse luego de haberse importado dos razas desde Hawaii y Reino Unido (Escobar *et al.*, 1999; Carrillo *et al.*, 2000). Es importante destacar que las mismas no sólo sobrevivieron al viaje en barco sino que además se adaptaron al cambio de hemisferio, pudiendo establecerse en la zona luego de su liberación en 1997-98. Los investigadores comprobaron que además presenta marcada especificidad por *U. europaeus* (Gourlay *et al.*, 1995) y no representa peligro para otras especies vegetales (Escobar *et al.*, 2001).

También en Nueva Zelanda se liberó a campo en más de 50 sitios luego de la respectiva cuarentena en 1991. Sin embargo, no se alcanzaron los niveles poblacionales registrados en su área de origen como para producir daños de consideración en la maleza (Gourlay, 2003).

En 1995 se liberó en Nueva Zelanda *Scythris grandipennis* (lepidóptero). Este insecto se caracteriza por presentar larvas que se alimentan de tallos maduros, pero en evaluaciones posteriores no se encontraron adultos en esos mismos sitios (Gourlay, 2003).

Existe otra polilla, *Pempelia genistella*, que se alimenta de tejidos adultos de tojo, es decir tallos endurecidos parcialmente lignificados. Se trata de un lepidóptero que ha sido liberado por primera vez en Nueva Zelanda en 1996. Durante 2002 se continuó con el programa de liberación a campo y aún se siguen estudiando los posibles efectos sobre insectos y vegetación nativa (Gourlay, 2003). Estudios similares se realizaron previo a su liberación y cuarentena en Hawaii (Conant *et al.*, 1996). Las larvas viven y se alimentan en colonias de hasta 30 individuos (hábito gregario), devorando tejidos de tallos jóvenes o adultos, tanto en las ramas altas como en las bajas. A pesar de haberse establecido en uno de los sitios de liberación, serán necesarios estudios basados en recolección de adultos mediante trampas de feromonas para determinar los niveles poblacionales en el futuro (Conant *et al.*, 1996; Gourlay, 2003).

Tetranychus lintearius (Dufour) es un ácaro (Clase Arachnidae) de la familia Tetranychidae ampliamente distribuido en Europa y que infringe daños muy severos en matorrales de *U. europaeus*. Es una de las especies más importantes utilizadas en el control de esta maleza, y por lo tanto una de las más estudiadas. En Nueva Zelanda se importó en 1988 (Gourlay *et al.*, 1989) y desde entonces se han efectuado varias liberaciones (Hill, 1990; Gourlay, 2003). Más tarde ingresó a Estados Unidos, Hawái, Australia y Chile. En todos los casos se obtuvieron resultados alentadores. El daño lo causan tanto los adultos como las formas ninfales, alimentándose del contenido de células del mesófilo, generalmente en la superficie foliar abaxial. El síntoma característico del ataque es una tonalidad blanquizca en los ápices de tallos tiernos (Gourlay, 2003).

Sin embargo las poblaciones no alcanzaron los niveles necesarios para controlar los matorrales en varios de esos países. En Nueva Zelanda, Australia y el oeste de Estados Unidos existe un coccinélido endémico, *Stethorus bifidus*, que provocó el colapso de las colonias, ya que se alimenta de huevos y ninfas de *Tetranychus lintearius* durante todo el año (Mc Gregor *et al.*, 2000; Gourlay, 2003).

Por otra parte, un ensayo realizado por investigadores neocelandeses muestra que este artrópodo consiguió reducir la densidad, y por lo tanto la biomasa, de tojales en un 20%. Cabe destacar que la raza introducida en un principio no logró aclimatarse, por lo que fue necesario importar cinco nuevas razas de España y Portugal. Éstas últimas resistieron temperaturas e índices de humedad superiores (Fowler *et al.*, 2000). En varios países se importó desde Chile el ácaro *Phytoseiulus persimilis* para controlar plagas hortícolas. Éste produjo severos daños a colonias de *T. lintearius*, particularmente en Australia (Victoria y Tasmania) y en Nueva Zelanda (Chatterton *et al.*, 2003). Por otra parte, en Hawái, donde no existen predadores de este enemigo natural, el control de tojo con este ácaro resultó exitoso (Gourlay, 2003).

En Chile se estudió el comportamiento de *Icerya purchasi* (Maskell) como agente de control. Se trata de un homóptero que pertenece a la familia Margarodidae, cuyas ninfas se alimentan de tejidos de hoja y tallo de numerosas especies de leguminosas entre ellas *U. europaeus*. Presenta la particularidad de ser un insecto bivoltino con superposición de generaciones, por lo que la época de ataque es muy extendida. Teniendo en cuenta su hábito polífago se debería aislar de los cultivos de interés (Carrillo *et al.*, 1988). En ensayos llevados a cabo en Temuco (Chile) se comprobó que este insecto disminuye notablemente el peso fresco y seco de los tejidos atacados. Además logró reducir tanto el rebrote basal como la ramificación de plantas de tojo (Llorente *et al.*, 1990).

La especie ingresó en el Uruguay proveniente de Australia, y posiblemente presenta 3 generaciones al año (Bentancourt *et al.*, 1999). Es interesante considerarlo como potencial agente de biocontrol local, a pesar de su hábito polífago de alimentación (cítricos, eucaliptos, ornamentales en general, etc.).

Existen una serie de insectos de dimensiones submicroscópicas llamados comunmente trips, que integran el orden Thysanura, que son aplicables como agentes de control. Dentro de este grupo se encuentra *Sericothrips staphylinus*, también denominado trips del tojo. Presenta un aparato bucal masticador con el que daña células de tallo reduciendo el crecimiento de las plantas. A su vez, se ha verificado una importante disminución del crecimiento así como también de la floración y de la producción de semillas en plantas de tojo atacadas. Según estudios experimentales *S. staphylinus* prefiere hojas nuevas, dañando severamente plántulas y rebrotes de *U. europaeus* (Fowler, 1998; Gourlay, 2003).

En Nueva Zelanda se ha utilizado como enemigo natural en diversos ensayos luego de su importación desde Gran Bretaña (Hincksman *et al.*, 2001). Durante 2001 se liberó una población importada desde Hawaii con el objetivo de su establecimiento y rápida reproducción. Debe tenerse en cuenta que su dispersión es lenta debido a que rara vez presenta individuos alados (Gourlay, 2003). Además se pudo constatar que luego de un año no logra reducir significativamente la tasa de crecimiento del tojo (Fowler *et al.*, 1998).

2.8.2.3 Hongos fitopatógenos – micoherbicidas

El uso de estos organismos como medio de control se restringe a situaciones particulares donde predomina una sola especie de maleza que podría ser controlada en la etapa de plántula. En el caso de plantaciones con poblaciones densas de tojo sería conveniente utilizar hongos de comprobada patogenicidad y especificidad, que además sean de rápido crecimiento para la producción masiva de inóculo.

La aplicación de estos productos implica el manejo de poblaciones del enemigo natural de modo de inducir una epidemia masiva en el campo de malezas (Charudattan 1991; citado por Johnston *et al.*, 1994). A menudo esto se logra liberando grandes cantidades de inóculo en la etapa fenológica de mayor susceptibilidad de las mismas.

Los hongos más frecuentemente encontrados en *U. europaeus* pertenecen a los siguientes géneros: *Phomopsis*, *Fusarium*, *Microsphaeropsis*, *Septoria* y *Pleospora* asociados a lesiones de tallo y hoja. Estudios preliminares realizados

en invernáculo demostraron que el género *Fusarium* presentó patogenicidad específicamente en tojo (Johnston *et al.*, 1994; Gianotti *et al.*, 2000). Esta especie se la encontró infectando naturalmente plantas de tojo en Nueva Zelanda, donde se ha manejado la posibilidad de su utilización en plantaciones forestales (Altomare *et al.*, 1995).

A continuación se presenta una lista de los organismos fitopatógenos que atacan *Ulex europaeus* y la severidad de los daños producidos. Los síntomas característicos observados han sido lesiones foliares y muerte apical. La información se recabó a partir de un relevamiento de aislamientos de hongos extraídos de material muerto. El estudio se llevó a cabo en Rotorua, Nueva Zelanda y estuvo a cargo de la institución "New Zealand Plant Protection Society".

Cuadro 1. Hongos potencialmente patogénicos aislados de tejido de *Ulex europaeus* (según Johnston *et al.*, 1994).

Fitopatógenos (n° de aislaciones probadas, n° de plantas tratadas)	Severidad de la enfermedad
<i>Ascochyta ulici</i> (2,8)	0
<i>Botryosphaeria dothidea</i> (1,4)	0
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (8, 7)	0
<i>Fusarium avenaceum</i> (4, 7)	0
<i>Fusarium gramineum</i> (3, 4)	0
<i>Fusarium lateritium</i> (4, 7)	0
<i>Fusarium sambucinum</i> (1, 8)	0
<i>Fusarium tumidum</i> (6, 27)	1-3*
<i>Microsphaeropsis spp</i> (10, 19)	0
<i>Phomopsis spp</i> (7, 24)	0
<i>Pleiochaeta setosa</i> (2, 12)	0
<i>Pleospora herbarum</i> (1, 4)	0
<i>Septoria slamptonensis</i> (3, 19)	0

Escala de severidad (7 días después de la inoculación) 0 = no hay lesiones visibles; 1= lesiones incipientes, usualmente flequeado en hojas; 2 = lesiones distribuidas por toda la hoja; 3 = lesiones de tallo que causan vuelco; n.t. = no testeadas. * = variación observada entre aislaciones testeadas.

Se comprobó que *Fusarium tumidum* logra provocar epidemias severas en plantas de tojo, sobre todo en las más jóvenes. Se observó que presenta un amplio rango térmico de acción - 5 a 27°C y que las plantas mueren con mayor

facilidad a temperaturas superiores. A su vez se comprobó que la efectividad del producto se ve favorecida con el aumento de la densidad de inóculo. Por ejemplo, se logró eliminar más del 95% de las plantas con una aplicación de 1×10^6 conidios por litro⁻¹ (Barker *et al.*, 1998). Por otro lado, algunos autores sostienen que es necesario probar formulaciones con nuevas cepas para mejorar la patogenicidad del producto a campo. Además se comprobó que la tasa de aplicación influye notablemente en la fitotoxicidad (Frohlich *et al.*, 2000).

2.8.2.4 Otros organismos de interés

Anisoplaca ptyoptera es un lepidóptero que ataca naturalmente al tojo en Nueva Zelanda (Gourlay *et al.*, 1990). Se observó que produce anillado, favoreciendo la aparición de hongos del complejo “hoja plateada” los cuales invaden y matan tallos de plantas adultas. Sin embargo es un insecto de hábito polífago que daña algunas especies de interés local (Butler, 1979; citado por Hoshovsky, 1989; Gourlay, 2002).

Existe un hongo, *Chondrostereum purpureum*, que ataca tallos leñosos provocando debilitamiento del follaje finalizando con la vida de planta. Se sabe que forma parte del complejo de hongos que producen “hoja plateada” y que podría complementar la acción de *Fusarium tumidum* (Gourlay *et al.*, 2002).

Dictyonota strichnocera ha sido catalogado como un posible agente de biocontrol en diversas zonas en la década de los 80. Es una especie que si bien se alimenta de savia y daña las plantas, rara vez consigue matarlas (Hill, 1983; citado por Hoshovsky, 1989; Gourlay, 2002).

Existe una serie de enemigos naturales que aún no han sido probados. Entre ellos se destacan: *Anarsia spartiella*, *Depressia costosa*, *Pseudoterpna pruinata*, *Laspeyresia ulicinata*, *Coleophora albicosta* (Chatter, 1931; citado por Hoshovsky, 1989), *Rhinocyllus vornicus*, *Trichosirocalus horridus* (Rolston *et al.*, 1981; citado por Hoshovsky, 1989), *Coccus hesperidum* y *Hemiberlesia rapax* (Hoshovsky, 1989).

En Nueva Zelanda se está considerando el estudio de un nemátodo, *Ditylenchus dipsaci*, que ataca tallos subterráneos (Gourlay, 2002).

2.8.3 Control físico

Este tipo de control se puede llevar a cabo de diferentes modos: manual, mecánico o por quema controlada. En caso de material cortado previamente a la producción de semilla, se puede apilar de manera de favorecer el hábitat de mamíferos salvajes. Por otra parte, se pueden chipear los productos de la corta, apilar y dejarlos secar para luego ser utilizados como mulch durante la fase de regeneración del tojal.

Se debe prestar atención a la proliferación de rebrotes a partir de fragmentos de tallo o raíz que sean emitidos aún con la cubierta de mulch. Cabe destacar que es importante lograr la remoción de los sistemas radicales, ya que se disminuiría la capacidad de restablecimiento del matorral (Biointegral Research Center, 2000).

En el caso plantaciones forestales el tratamiento de erradicación con medios físicos debería efectuarse en la etapa de preparación del sitio, ya que de lo contrario se tornará muy difícil el control posterior del matorral.

2.8.3.1 Control manual

El objetivo de este tipo de tareas es eliminar selectivamente plantas de tojo sin dañar vegetación deseable, ya sean especies nativas o exóticas. Se ha comprobado que cortando al ras del tocón se disminuye notablemente la capacidad de rebrote de las plantas, más aún si se trata de individuos jóvenes. En plantas adultas el efecto es mucho menor.

Este método es recomendable en zonas con pendientes pronunciadas o en terrenos con superficies irregulares donde se hace difícil aplicar otro tipo de control. En el caso de contar con grandes extensiones de tojales establecidos se recomienda dividir el área en fajas (con estacas o banderas) de manera de facilitar y marcar las zonas para controles posteriores.

En el caso de existir plantas aisladas o en pequeños grupos, es deseable comenzar la corta por el borde exterior del tojal. Luego se avanza hacia las zonas de mayor nivel de enmalezamiento. Por ejemplo, en el caso de matorrales mezclados con vegetación nativa, se considera alto grado de infestación cuando la proporción de maleza / vegetación nativa es de 2 a 1. Éste procedimiento es citado en la bibliografía como método Bradley. La desventaja del método manual es el enorme trabajo físico que demanda y por lo tanto, lo caro del procedimiento (Hoshovsky, 1989).

El arrancado es útil para eliminar plántulas y plantas jóvenes de hasta 1,5 m de altura, previo a que se produzca su semillazón. En el caso de aplicarse a plántulas con los cotiledones presentes, bastará con arrancarlas o con cortarlas debajo de las hojas cotiledonales.

La forma más común de realizar esta actividad es arrancando las plantas a mano o en su defecto utilizar una especie de grapo. Debe de tomarse la precaución de extraerlas de raíz; de lo contrario rebrotarán a partir de la corona o inclusive del tallo. El momento más apropiado es posteriormente a una lluvia, ya que el suelo se encuentra más suelto, además de esta manera es fácil eliminar las raíces (Hoshovsky, 1989).

Las plantas arrancadas deben ser eliminadas, ya sea a través de la quema o del chipeado para mulch. También pueden utilizarse para compostaje.

Las plantas pequeñas pueden ser destruidas fácilmente mediante una azada de mano, ya sea por el corte de la parte superior de las plantas o por el levantado de la capa superficial del suelo, dejándolas expuestas a la acción desecante del sol. El objetivo del uso de este implemento es extraer la maleza de manera de no dañar raíces de vegetación deseable.

El tojo presenta una raíz principal de considerable extensión, por lo que es difícil exponer totalmente el sistema radical. Por lo tanto, en el caso de plantas de hasta 4 m de altura se recomienda utilizar una cuña para aflojar el suelo que rodea las raíces y así poder removerlas en su totalidad. De lo contrario se estaría exponiendo parcialmente el sistema radical, favoreciendo su posterior rebrote (Hoshovsky, 1989).

Se pueden utilizar otras herramientas de manejo manual como sierras, hachas, machetes, entre otros implementos que se emplean previamente a otros tratamientos, ya que remueven la porción aérea de las plantas. Además en el caso de individuos con varios tallos y de diámetros considerables, el acceso al tojal se hace muy difícil, por lo que, gran parte de las raíces permanecerán intactas luego de los cortes, y por lo tanto, rebrotarán bajo condiciones favorables. Siempre se recomienda el uso de estos implementos antes de la producción de semilla (Bravo, 1985; citado por Hoshovsky, 1989).

La remoción del sistema radical mediante el escarbado es una forma lenta, pero segura de destruir malezas que rebrotan de raíz. El trabajo debe ser meticuloso a efectos de evitar que cada trozo de raíz que sea cortado permanezca en el suelo y produzca más adelante una nueva planta. Esta técnica es aplicable en infestaciones pequeñas, o bajo condiciones en las que no puede realizarse otro procedimiento de combate (por ejemplo plantas de tojo

que rodean árboles de interés particular). Luego de este tratamiento se recomienda sembrar una pastura y dejar inalterado el terreno por mucho tiempo. Así se estará evitando la emergencia de nuevas plántulas (Adams *et al.*, 1990).

La limpieza manual en plantaciones hecha con podadoras grandes o motodesbrozadoras portátiles es costosa y poco eficaz. Aún así, es el único trabajo posible en sitios con pendientes pronunciadas o en épocas muy húmedas. El uso de tractor con desbrozadora de cadenas o martillos entre calles es un trabajo útil, especialmente si se complementa con limpieza manual al lado de las plantas. De lo contrario, el matorral sin desbrozar se podría beneficiar más del desbroce que la propia plantación. Este problema se da incluso cuando se hacen limpiezas cruzadas (Castellanos *et al.*, 2001).

2.8.3.2 Control mecánico

El control mecánico implica el uso de equipamiento mecanizado para la corta de malezas en grandes superficies. Este método es no selectivo y puede dañar vegetación deseable. Se aplica en terreno plano con pocos obstáculos ya que la mayor parte del equipamiento no es seguro para operar en pendientes mayores a 30%. Por otra parte, su uso es limitado en suelos susceptibles a la compactación y a la erosión, o en lugares donde la humedad presente sea elevada. A su vez obstáculos como rocas o restos de trozas dificultan el trabajo.

Del mismo modo que el control manual, debe realizarse previamente a la semillazón y también deben aplicarse tratamientos (mecánicos o no) para eliminar los vástagos de plantas en rebrote y plántulas emergentes (Hoshovsky, 1989).

Se puede roturar el terreno mediante herramientas mecánicas. Existen varios accesorios para tractores y bulldozers para limpiar y arrancar de raíz plantas leñosas. El método típico consiste en trabar una cadena pesada entre dos bulldozers y realizar pasadas al ras de la superficie del terreno. Se obtiene así una especie de cepillado del mismo. También pueden acoplarse en la parte trasera discos y arados.

Otro método de corta en un tojal establecido y en superficies extensas es a través del acoplamiento de un motorrotovador a un tractor. Según la bibliografía se han obtenido buenos resultados si el procedimiento se realiza una vez por año durante al menos 3 o 4 años seguidos. Estos implementos deben enterrar sus cuchillas hasta al menos 10 cm de profundidad para asegurar la eliminación de la mayor parte de las semillas del suelo. Las plántulas que logran emerger

luego del tratamiento serán destruidas en las pasadas subsiguientes del rotovador (Cook, 1987; citado por Biointegral Research Center, 2000).

También se puede utilizar una segadora para eliminar plantas de tojo de los bordes de los caminos. Ésta presenta elementos característicos como ser, un brazo articulado y una hoja cortante (Cook, 1987; citado por Biointegral Research Center, 2000).

2.8.3.3 Quemas controladas

El fuego ha sido utilizado mundialmente en el control de tojo durante los últimos 100 años. Si se realiza adecuadamente, la quema controlada logra disminuir la biomasa, destruir semillas en plantas, eliminar plántulas e inclusive reducir el número de años de posteriores tratamientos hasta agotar el banco de semillas (Balneaves *et al.*, 1981; citados por Biointegral Research Center, 2000).

Temperaturas en la superficie del suelo -algo menores a 100°C- estimulan la germinación de semillas, ya que se rompe la cubierta dura y cerosa de las mismas (escarificación). Dicha temperatura se alcanza únicamente en el primer centímetro y medio de suelo y valores superiores resultan letales (Balneaves *et al.*, 1981; citado por Biointegral Research Center, 2000).

Si bien el fuego promueve la germinación (Hoshovsky, 1989; Casal *et al.*, 2001) también es una herramienta importante en el agotamiento del banco de semillas del suelo (Hoshovsky, 1989). Sin embargo, debe combinarse con otros tratamientos de control para tratar de eliminar las semillas latentes en el suelo en el largo plazo (Amme, 1983; citado por Hoshovsky, 1989). De hecho se ha comprobado que hasta el año de edad las plántulas no producen semilla y presentan únicamente crecimiento primario, siendo vulnerables a la aplicación de productos químicos (Hoshovsky, 1989; Priestley, 2003).

En algunos casos, previamente a la quema, se utilizan herbicidas de manera de provocar un efecto de desecación en la vegetación. Así se asegura que el matorral arda a temperaturas superiores y en menor cantidad de tiempo. En un estudio llevado a cabo en California se establece que a un año de postquema, solamente el 24% de las plantas fueron eliminadas por el fuego. Además, el 21% de los individuos en pie vio incrementada su altura, mientras que el 27% alcanzó la altura anterior a la quema (Amme, 1983; citado por Hoshovsky, 1989).

En términos generales las especies del género *Ulex* son buenas colonizadoras de áreas incendiadas debido a su gran capacidad de germinación y rebrote (Obeso *et al.*, 1995). Las altas temperaturas aumentan la tasa de germinación, mientras que el humo acelera el proceso germinativo (Casal *et al.*, 2001).

Luego de la quema debe removerse las raíces tratando de alterar lo menos posible el suelo. Es importante que éste se encuentre húmedo para favorecer la remoción de las plantas quemadas. De manera alternativa, se pueden tratar con aplicaciones localizadas coronas de raíces que hayan sobrevivido al fuego y que se encuentren rebrotando. En tal caso, es deseable realizar esta tarea 6 meses después de la quema. También es recomendable seguir un plan de repoblación del área en el caso que la vegetación nativa no sea suficientemente vigorosa (Hoshovsky, 1989; Priestley, 2002).

En Nueva Zelanda es muy frecuente el uso de la quema controlada en el combate de *Ulex europaeus*. Sin embargo, se comprobó que el fuego ha sido un importante mecanismo de perpetuación de tojales. Luego de un incendio los individuos rebrotan a partir de tocones quemados en tan solo un mes. Además emergen plántulas de semillas almacenadas en el suelo, que encuentran en ese entorno condiciones ideales para su desarrollo. Este hecho se ha verificado tanto en semillas existentes en el humus como en aquellas de capas superficiales del suelo (Lee, *et al.*, 1986; citado por Boateng *et al.*, 1992).

Asimismo en zonas de Gran Bretaña en las que se dejó de utilizar el fuego, las plantas de tojo se tornaron de apariencia delgada y alargada. Éstas estarían destinadas a sucumbir en menos de 20 años en lugar de desarrollar estructuras vegetativas que permitan la perpetuación del matorral (Tubbs, 1974; citado por Boateng *et al.*, 1992).

A menudo en Nueva Zelanda los tojales son quemados de manera de debilitar los rebrotes, y así convertirlos en más susceptibles a otros métodos de control (Hilgendorf, 1967; citado por Boateng *et al.*, 1992).

Debido a los riesgos potenciales que implica, la quema se lleva a cabo en áreas extensas donde resulta difícil realizar control manual o mecánico. En zonas donde dominan bosques maduros es peligroso controlar con fuego, ya que se favorecerá el desarrollo de tojales en lugar de otras especies de arbustos (Zabkiewicz 1976; Cook 1987; citados por Biointegral Research Center, 2000). Las sucesivas quemas, además de destruir la vegetación y la materia orgánica, dejan la superficie expuesta a los agentes erosivos (Doll *et al.*, 1997).

Respecto a los efectos del fuego, se realizaron estudios detallados de los cambios biológicos y químicos en los ecosistemas después del mismo. Se pudo observar la acumulación en el suelo de grandes cantidades de macronutrientes bajo forma de ceniza. Si bien el efecto inicial es la destrucción de la fauna del mantillo, no se daña la de capas profundas del suelo. Por lo tanto, se retorna lentamente a las condiciones ecológicas previas al tratamiento (Doll *et al.*, 1997).

En España se ha monitoreado las entradas y salidas de nutrientes en parcelas de ensayo durante dos años posteriores a la quema. A consecuencia de la misma se perdió entre el 50% y 75% de los nutrientes localizados en la parte aérea de las plantas. Solamente pequeñas cantidades (hasta 3%) fueron depositadas en la superficie del suelo como cenizas. También se constató que durante las primeras lluvias luego de la quema, las pérdidas de N mineral, P y K se debieron mayoritariamente al escurrimiento superficial. Por otra parte, las pérdidas de Ca y Mg se debieron tanto a la escorrentía de sedimentos como a la pérdida bajo formas solubles (Basanta *et al.*, 1997).

En Francia, más concretamente en la región de las landas de Bretaña, se han realizado ensayos para caracterizar el riesgo de propagación del fuego dentro de un tojal. Se hizo el seguimiento durante 15 meses de la biomasa sobre el nivel del suelo, pudiendo demostrarse que se distribuye heterogéneamente. Esto es el resultado de un patrón de distribución en capas según diferentes alturas de ramas (sean o no ramas verdes). Existe un gradiente interno de humedad con valores que disminuyen desde el ápice hacia la base de las plantas y que además varía según el estado fenológico. Los estratos superiores del matorral están conformados por ramas verdes con alto tenor de humedad. Por otra parte, las ramas secas y las espinas (que componen mayoritariamente el mantillo) se distribuyen homogéneamente por toda la planta. Se comprobó además que el patrón de deposición de material vegetal es homogéneo durante todo el año (Forgeard *et al.*, 1998).

Los horizontes orgánicos son muy heterogéneos, tanto temporal como espacialmente y su profundidad y distribución dependen de la distancia desde la planta en que son relevados. Se vio que una vez iniciado el fuego, la capa superficial de mantillo es el principal combustible del incendio de superficie. Dicha combustión genera temperaturas suficientemente altas, del orden de los 400 a 900°C, que producen la total evaporación del agua de las capas del mantillo. Considerando estos factores los autores concluyen que existe un continuum de material combustible en la parte baja del matorral, lo que favorece la propagación del fuego hacia el ápice de las plantas. Debido a esto, los tojales son vulnerables al fuego durante cualquier época del año (Forgeard *et al.*, 1998).

Ha sido comprobado que un fuego intenso puede dañar un tojal establecido a tal punto que se necesitarían varios años para que presente la capacidad competitiva inicial (Salisbury, 1929; citado por Doll *et al.*, 1997).

La densidad del matorral posterior a la quema puede incrementarse notablemente ya que se estimula la germinación de semillas enterradas. Por lo tanto, la quema debe formar parte de una estrategia general de manejo que implique técnicas de control complementarias (Priestley, 2002).

2.8.4 Control cultural

La siembra de especies nativas altamente competitivas resulta un buen método de prevención y control de malezas exóticas. En tal caso, las especies autóctonas pueden ser mejores competidoras que el tojo por agua, luz y nutrientes. Debido a la alta tasa de emisión de rebrotes, el tojo dificulta el establecimiento y desarrollo de nativas (Hoshovsky, 1989). Este hecho se acentúa en el caso de tocones no tratados luego de la corta.

Algunas especies presentan efectos alelopáticos (interferencia bioquímica por productos metabólicos) sobre otras, inhibiendo su crecimiento y posterior desarrollo. Especies nativas con dichas características serían de gran utilidad en tojales tratados con otros métodos previamente.

El número de plántulas de tojo se redujo de un 30 a un 60% en 12 meses en competencia con *Lolium perenne*, *Agrostis tenuis*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens*, y una mezcla de gramíneas con esta última especie. Si a esto se le agregan períodos cortos de pastoreo con alta carga ovina, el número de plántulas de la maleza se logra reducir de 70 a 90% (Ivens, 1979; citado por Doll *et al.*, 1997).

En parcelas de ensayo plantadas con monocultivos de *Lolium perenne* y *Ulex europaeus* se observó que éste último supera en crecimiento al primero medido en un período de 22 semanas. Sin embargo, cuando ambas especies son sembradas juntas el sombreado del raigrás produce una importante disminución de crecimiento de tojo. Esto puede deberse a que entre la 4ta y 6ta semana de desarrollo, el crecimiento de *Lolium perenne* es mucho mayor al de *Ulex europaeus* (Ivens *et al.*, 1980; citado por Doll, *et al.*, 1997).

El mismo autor cita que en una pastura de *Holcus lanatus* y *Ulex europaeus* es muy difícil la supervivencia de la maleza, mientras que en otra con *Lolium perenne* el tojo puede alcanzar su máximo vigor. Si a los tratamientos anteriores

se les agregan defoliaciones periódicas, ambas especies disminuyen su vigor, pero el más perjudicado es el tojo.

En Nueva Zelanda se sembraron especies forrajeras en suelos alterados logrando evitar el establecimiento de plántulas de *Ulex europaeus* (Balneaves, 1982; Ivens, 1982; citados por Boateng *et al.*, 1992).

Por otra parte, en España se ha logrado reemplazar con éxito una cubierta de tojo por una mezcla de trébol y gramíneas forrajeras bajo una plantación de pino (Pérez *et al.*, 1988). Los autores aclaran que la siembra de estas especies es recomendable siempre y cuando el objetivo sea eliminar el tojo, ya que de lo contrario se podría perjudicar el cultivo de especies forestales debido a la competencia.

También en Canadá (Columbia Británica) se han sembrado leguminosas forrajeras simultáneamente a la plantación de pino. Los resultados registrados indican que el contenido de N foliar se incrementó notoriamente durante la 4ta estación de crecimiento del cultivo. De este modo, se evitó el establecimiento de tojo en esa zona (Boateng *et al.*, 1992). Asimismo serían necesarios estudios posteriores para poder determinar con mayor precisión la interacción con *Ulex europaeus*.

En Nueva Zelanda se ha observado que en tojales donde la cobertura de cespitosas se ha mantenido baja, *Trifolium repens* ha sido mejor competidor que *Lolium multiflorum*. Tanto plántulas como plantas juveniles de tojo respondieron notablemente al agregado de P y en menor medida al agregado de K. Sin embargo, el agregado de Ca y N retardó el crecimiento de las mismas. En estos ensayos se notó que bajas cantidades de N en primavera derivan en baja competencia por parte de las pasturas y por lo tanto *Ulex europaeus* invade con gran rapidez praderas de baja fertilidad (Thompson, 1974; citado por Doll *et al.*, 1997).

Existen registros de especies pteridofíticas (helechos) que compiten exitosamente con tojo. Este es el caso de *Pteridium aquilinum* que con su denso sombreado y su efecto de mulch ha logrado en algunas áreas reducir la biomasa del tojal considerablemente. En dichas zonas el helecho se ha convertido en la especie dominante dificultando en gran medida la regeneración del matorral (Salisbury, 1929; citado por Doll *et al.*, 1997).

Algunos investigadores recomiendan sembrar una mezcla que pueda crecer rápidamente, ya sea entre cenizas como entre plantas muertas de *Ulex europaeus*. Entre las posibles combinaciones de especies competidoras se mencionan *Trifolium repens* y *Rhizoctonia fungi*. Se ha podido constatar que la

mezcla previene la regeneración del tojal en casos de alta competencia entre forrajeras, y en zonas de intensamente pastoreadas (Hoshovsky, 1986; citado por Biointegral Research Center, 2000).

2.8.5 Pastoreo

La continua remoción de ápices y rebrotes por parte de animales en pastoreo evita el desarrollo de plantas, produciendo un debilitamiento gradual de las partes subterráneas de las malezas. De este modo se estaría disminuyendo el aporte de semillas al suelo. Además una alta carga animal, ya sea a través del pastoreo y/o pisoteo, evita el crecimiento y desarrollo de nuevas plántulas. Por lo tanto, es recomendable realizar un pastoreo continuo (Dean *et al.*, 1990) y una vez finalizado el mismo, las especies suprimidas se restablecerán y comenzarán a dominar rápidamente en la vegetación del lugar (Hoshovsky, 1989).

Esta actividad puede realizarse con diferentes especies como ser: cabras (Campbell *et al.*, 1987; Peirce; 1991), ovejas y equinos (Collingridge *et al.*, 2003). Debe tenerse en cuenta que se trata de una técnica de manejo en la que no se aplica ningún tipo de producto químico, y por lo tanto no ofrece amenazas desde el punto de vista ambiental.

Numerosos estudios revelan que el pastoreo con cabras logra controlar efectivamente al tojo (Field *et al.*, 1996), siendo de menor costo que las alternativas de control químico y biológico. Estos animales son capaces de alimentarse en áreas con pendientes pronunciadas y en zonas de terreno demasiado irregulares e inaccesibles para el ingreso de maquinaria (Biointegral Research Center, 2000).

Las cabras prefieren alimentarse de vegetación leñosa en lugar de pastorear activamente especies forrajeras (Hoshovsky, 1989; Field *et al.*, 1996; Priestley, 2002). Estos animales cortan flores y tallos, hasta dejar únicamente tocones en pie. Sin embargo, se comprobó que el uso de cabras es económicamente rentable en el control de tojales con plantas y/o rebrotes de hasta 4 años de edad. De hecho las plántulas o rebrotes más palatables son los que presentan entre 5 a 10 cm de altura, cuyas espinas son apenas coriáceas (Hoshovsky, 1989).

Un estudio realizado durante 9 años en Nueva Zelanda reveló que el mejor método de control a largo plazo combina distintos manejos. En primer lugar, se realiza una quema seguida por un pastoreo rotativo ya sea, de cabras, de ovejas o de ambas. Se encontró que el pastoreo con cabras es más efectivo

que con ovejas. En cambio si se compara un pastoreo realizado con cabras y otro con una combinación de cabras y ovejas, en una relación 2:1, se encuentran resultados similares e igualmente efectivos (Radcliffe, 1990). En la misma experiencia se comprobó que el pastoreo con ovejas no es eficaz en el control. De todas formas, en rotaciones intensivas con altas cargas puede ser efectivo combinándolo con otro tipo de manejo. Otro autor sostiene que un gran número de ovejas hambrientas son capaces de controlar el tojo mediante un pastoreo intensivo en un corto período de tiempo (Hartley 1982; citado por Boateng *et al.*, 1992).

Priestley (2002) menciona que en áreas quemadas previamente a la introducción del ganado, es conveniente agregar cabras y altas cargas de ovejas en primavera. De esta manera las ovejas se alimentarán de forrajeras y de plántulas de tojo antes de que ambas comiencen a lignificarse y secarse. Por otra parte, las cabras prefieren el tojo en vez de la pastura durante la primavera, pero a principios del otoño se alimentan de la pastura seca. Por lo tanto, la reducción de forrajeras realizada por ovejas en primavera permite que pueda mantenerse la presión del pastoreo con cabras a lo largo de toda la estación de crecimiento.

En áreas no quemadas el pastoreo con cabras debe ser complementado con otra especie animal o con otro tipo de control (Radcliffe, 1990). En Inglaterra se evaluó la evolución morfológica de un tojal bajo pastoreo con ponies. En invierno los animales buscan tallos de plantas jóvenes, que a pesar de presentar grandes espinas, están más disponibles debido a su altura. El momento de crecimiento más vigoroso ocurre 3 a 5 años luego de haber aplicado algún método de control físico (Edwards *et al.*, 1997).

En el caso de tojales establecidos en plantaciones deben de extremarse los cuidados. Por ejemplo, si se utilizan cabras y ovejas se deben cercar las plantas de interés pues de lo contrario serán dañadas (Hoshovsky, 1989). Por otra parte, el pastoreo con bovinos no es recomendado ya que daña las plantas jóvenes, sobre todo de eucaliptos.

Los caballos son sin duda el ganado más interesante para este uso pues son muy cuidadosos por donde pisan, ya que no suelen tocar las plantas de interés, por ejemplo en plantaciones de eucaliptos. Estos animales se alimentan muy bien de plántulas y plantas jóvenes de *Ulex europaeus*, favoreciendo la aparición de especies forrajeras en el sotobosque. Si el matorral está muy desarrollado es necesario un desbrozado previo.

En tojales jóvenes bajo plantaciones de eucaliptus en España se ha manejado un animal cada 2-5 ha. De todas formas la dotación depende de la calidad de la parcela y de la época del año. Si la carga ganadera es excesiva, el pisoteo puede perjudicar a las raíces de los eucaliptos debido a la compactación. Cabe recordar que a las densidades recomendadas, la producción de forrajeras se irá reduciendo progresivamente conforme los árboles se desarrollen, lo que conducirá a una reducción constante de la carga animal (Castellanos *et al.*, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA

El trabajo de campo fue realizado en el Establecimiento Forestal Santa Julia situado sobre Ruta 8, kilómetro 103,5 en el departamento de Lavalleja.

Se trata de un extenso tojal bien establecido, denso, homogéneo, de aproximadamente 25 años de edad. La presencia de otras especies leñosas es muy reducida. La cobertura del estrato herbáceo es insignificante, estando el suelo mineral cubierto de una espesa capa de mantillo producida por los tojos. El tojal ocupa un terreno de pendiente moderada (4%) orientado al sur. Los suelos tienen historia agrícola y en la actualidad se encuentran bajo uso pastoril vacuno poco intensivo en un área no forestada del establecimiento.

Una fracción de 2400 m² (80 x 30 m) del tojal fue quemado en forma controlada en abril de 2001. En la primavera del mismo año, los tallos quemados de las plantas fueron cortados o derribados mediante el pasaje de una chirquera para facilitar el acceso del ganado al área de pastoreo recuperada.

En otoño y primavera de 2002 se seleccionaron para quemar, parcelas contiguas de aproximadamente 3000 m² (100 x 30 m) y 1000 m² (34 x 30 m). Estas parcelas ofrecían las mismas características del tojal tratado el año anterior, tanto en el desarrollo y estado de las plantas como en las condiciones topoedáficas. A posteriori del tratamiento, ambas parcelas no fueron objeto de ninguna otra intervención humana, integrándose el área al pastoreo bovino realizado en el resto del potrero.

En las tres parcelas estudiadas se distinguieron, para las tareas de muestreo, dos posiciones topográficas: ladera alta y ladera baja, denominándolas “arriba” y “abajo” respectivamente.

3.2 EJECUCIÓN DE LAS QUEMAS CONTROLADAS

Para determinar los días de las quemas se contempló la ocurrencia de al menos 5 días previos sin lluvia y se consultó el pronóstico del tiempo de la Dirección General de Meteorología. Previo al inicio del tratamiento, el perímetro de las parcelas fue sometido a un corte de limpieza con una desbrozadora para reducir los riesgos de propagación del fuego hacia áreas no deseadas. A los efectos de lograr una mayor combustión del tojal, las quemas controladas se ejecutaron avanzando a contraviento.

La quema de otoño fue realizada el 10 de mayo de 2002. Se inició cuando las condiciones ambientales fueron las adecuadas: levantamiento del rocío y disminución de la velocidad del viento. La operación se desarrolló entre las 12:30 y 13:30 horas. En ese momento la temperatura del aire era de 20°C y el viento soplaba del cuadrante NW.

La quema de primavera fue realizada el 13 de noviembre de 2002, entre las 13:05 y 14:20 horas. En ese momento la temperatura del aire era de 28°C con viento soplando del cuadrante NE.

Los materiales que se utilizaron en cada instancia fueron: a) 20 l de combustible mezcla (2/3 partes de gasoil y 1/3 nafta) para facilitar y uniformizar el inicio del fuego; b) 5 l de aceite quemado en 2 antorchas para que éstas permanecieran más tiempo encendidas; c) 80 l de agua en mochilas pulverizadoras y 2 chicotes para las tareas de control del fuego perimetral y la liquidación de los focos ígneos remanentes al finalizar la combustión del tojal.

3.3 EVALUACIÓN DE LA QUEMA DEL AÑO 2001

En cada una de las posiciones topográficas se marcaron alineadas sistemáticamente 3 subparcelas de 2 x 3 m. El largo de la subparcela fue paralelo a la pendiente. Cada una de ellas se dividió en 6 unidades de 1m² para facilitar las tareas de registro.

En la tercera semana de junio del año 2002 se procedió en cada unidad a:
a) contar las plantas de tojo; b) clasificarlas según su origen (semilla o rebrote);
c) medir la altura de plantas; d) estimar el porcentaje de cobertura del suelo por parte de la maleza y de las restantes especies acompañantes.

Además se observaron otras características como ser: ocurrencia de ápice cortado, abundancia de nódulos y especies asociadas al tapiz.

Los datos obtenidos fueron elaborados a los efectos de presentar para cada subparcela: a) la cobertura vegetal total y la cobertura correspondiente a tojo (%); b) la densidad de tojos (plantas / m²); c) la altura promedio (cm); y d) la proporción de plantas de semilla respecto a las rebrotadas sobrevivientes de la quema.

3.4 EVALUACIÓN DE LAS QUEMAS DEL AÑO 2002

3.4.1 Caracterización del tojal pre-quema de otoño

A una distancia de un metro de la periferia del matorral y en ambas posiciones topográficas, se distribuyeron regularmente 3 subparcelas de 2 x 3 m. Estas áreas fueron desbrozadas hasta nivel del suelo.

Las plantas de tojo cortadas fueron retiradas en forma de atados para luego ser pesados. Cuando aparecieron especies leñosas diferentes se pesaron aparte.

En cada uno de los 3 lados de la subparcela que quedaron expuestos se midió -con una precisión al decímetro- la altura total y el espesor del follaje verde de las plantas representativas.

Debido a la dificultad operativa impuesta por lo tupido del matorral espinoso, el número de plantas de tojo existentes en la subparcela se determinó luego del corte, a partir de los tocones remanentes. Se prestó especial atención de no registrar como planta independiente un tocón perteneciente a uno de los tantos tallos del arbusto que pudo estar parcialmente tapado por suelo o mantillo.

3.4.2 Determinación de las plantas rebrotadas post-quema de otoño

A los 36 días de realizada la quema se procedió a evaluar el efecto del fuego sobre las plantas adultas. Se delimitaron subparcelas análogas a las descriptas en el punto anterior en que se contaron las plantas totales de tojo y aquellas rebrotadas. La distribución de las subparcelas en el terreno se realizó en forma desfasada respecto a las establecidas en la evaluación pre-quema.

3.4.3 Muestreo de las plantas del año

El muestreo de las plantas de tojo germinadas luego de las quemas controladas se realizó mediante cuadrículas de 20 x 20 cm. Para facilitar el

conteo de plantas y la estimación de la cobertura vegetal total, cada cuadrícula fue dividida en cuadrantes.

El porcentaje de cobertura vegetal fue registrado de acuerdo a la siguiente escala: 0, 5, 25, 50, 75, 95 y 100 %.

Para clasificar los diferentes estadios fenológicos de las plantas de tojo se utilizaron las siguientes categorías:

- A: plántula con dos cotiledones.
- B: plántula con dos cotiledones más 1 par de hojas verdaderas.
- C: planta con un tallo con 2 o más pares de hojas verdaderas.
- D: planta con hojas espinosas.

A partir del estadio D se consideró la altura de la planta en clases de 5 cm de amplitud.

Las fechas de muestreo para la parcela de otoño fueron las siguientes: 15 de junio, 5 de setiembre, 11 de octubre, 13 de noviembre y 16 de diciembre de 2002. Para la parcela quemada en noviembre, existió un único muestreo realizado el 16 de diciembre.

El número total de unidades muestrales fue de 40 y 12, para la parcela de otoño y primavera respectivamente. En cada una de las posiciones topográficas se procedió a distribuir equidistantemente 10 puntos de entrada en cada fecha de muestreo. Entre fechas de muestreo, los puntos de entrada fueron desfasados. A fin de minimizar el efecto borde, en cada entrada se colocó la cuadrícula a un metro hacia dentro del tojal ("1era tirada"). A partir de la posición anterior, se desplazó la cuadrícula 1,6 m hacia dentro ("2da tirada").

Las diferencias de densidad de plantas entre fechas de muestro, posición topográfica y ubicación de la cuadrícula (tirada), fueron comparadas estadísticamente mediante la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

3.42.4 Muestreo y análisis de suelo

En cada subparcela correspondiente a la quema de otoño se extrajo, pre y post tratamiento, una muestra compuesta de suelo mineral de aproximadamente 400 cm³. Se muestreó en 3 puntos / subparcela hasta una profundidad de 5 cm.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Fertilidad de la Facultad de Agronomía según procedimientos estándares para la determinación de pH en agua, % materia orgánica, contenido de potasio y de fósforo.

4. RESULTADOS

4.1 EVALUACIÓN DE LA QUEMA DE 2001

El tapiz vegetal que se encuentra cubriendo la casi totalidad del terreno, está representado por diversas especies tales como: gramilla (que ocupa una gran proporción), cardilla, chircas, cardo negro, carqueja, margarita de piria. El tojo contribuye con un porcentaje menor a la cobertura total, siendo mayor su incidencia en la zona alta.

La distribución de plantas de tojo en la parcela es bastante homogénea, presentando baja densidad en ambas posiciones (2,9 pl / m² en la zona alta y 3,6 pl/m² en la baja). Cabe mencionar que el número de plantas en la zona baja es levemente superior al de la alta, dominando las provenientes de semilla. El detalle de los resultados se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características del tojal postquema luego del tratamiento en 2001 (r-rebrote; s-semilla).

VARIABLE	ARRIBA			ABAJO		
	Subparcelas			Subparcelas		
	1	2	3	1	2	3
Cobertura vegetal (%)	99	99	96	99	98	100
Cobertura de tojo (%)	8	15	13	8	5	5
N° plantas/m ²	2,7	4,0	1,8	2,4	2,7	5,7
Altura promedio	21	20	32	20	19	11
Relación s/r	0,6	1,2	0,0	1,0	1,7	5,4

Se pudo observar plantas con aspecto clorótico que presentaban menor cantidad de nódulos. Éstos eran más pequeños de lo normal y de color blanquizco. Además se vieron ápices cortados en algunos individuos.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL TOJAL PREQUEMA DE OTOÑO

En el cuadro 3 se observa que los valores promedio de biomasa son similares para las dos posiciones topográficas, oscilando entre 5,5 y 6,1 kg/m².

Considerando la altura promedio de las plantas, existe gran homogeneidad en toda la parcela (1,8 m en la parte alta y 1,9 m en la baja). Se observa que la altura verde es aproximadamente 1/3 de la altura total; por lo tanto los 2/3 restantes corresponden a materia seca altamente combustible.

En cuanto a la densidad de tojos, el valor medio en la zona alta es de 8,9 pl/m² y en la baja 7,2 pl/m², registrándose una mayor variación en la primera. De todas maneras esta heterogeneidad es compensada por la uniformidad en términos de biomasa.

Cuadro 3. Características del tojal prequema: Biomasa fresca; altura de planta: total (Ht), verde (Hv); porcentaje de altura verde (Hv/Ht).

Subparcela	Biomasa (kg/m ²)	Ht (m)	Hv (m)	Hv/Ht (%)	N° (pl/m ²)
ARRIBA					
1	4,6	1,6	0,5	33	8,5
2	5,5	1,8	0,7	38	15,2
3	6,3	2,0	0,7	33	3,0
MEDIA	5,5	1,8	0,6	35	8,9
ABAJO					
1	7,3	1,9	0,8	44	7,8
2	4,9	1,6	0,5	32	5,7
3	6,0	2,1	0,7	35	8,0
MEDIA	6,1	1,9	0,7	37	7,2

4.3 EFECTO DE LA QUEMA DE OTOÑO SOBRE LAS PLANTAS ESTABLECIDAS

La densidad promedio en la parcela es la misma para la evaluación pre y postquema (8,0 y 7,6 pl/m² respectivamente). En el cuadro 4 se detallan los valores postquema en cada subparcela de muestreo.

Cuadro 4. Densidad de tojos adultos (plantas/m²) en la evaluación postquema.

Zona Alta			Zona Baja		
Subparcela			Subparcela		
1	2	3	1	2	3
5,7	2,5	3,3	7,2	14,7	12,3

Cuadro 5. Porcentaje de plantas rebrotadas al mes de la quema.

Zona Alta			Zona Baja		
Subparcela			Subparcela		
1	2	3	1	2	3
15	7	10	7	8	7

El número de plantas rebrotadas es bajo (9%). Si tomamos en cuenta la posición topográfica podemos destacar que la distribución de plantas quemadas en la zona alta es heterogénea, mientras que en la baja presenta una mayor homogeneidad.

4.4 REGENERACIÓN DE TOJO POSTQUEMA DE OTOÑO

4.4.1 Análisis del total de plantas

4.4.1.1 Evolución de la densidad total en la parcela

De las 5 evaluaciones realizadas se observa que el número de plantas del año presenta diferencias significativas entre los meses junio-setiembre y octubre-noviembre. El resto de los registros no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Cabe destacar que los coeficientes de variación (CV) desde setiembre hasta diciembre son muy similares entre sí, oscilando entre 65-82%. Esto último contrasta con el alto valor del mes de junio que es 220%. Este valor se debe al menor número de plantas contabilizadas y a los numerosos registros nulos.

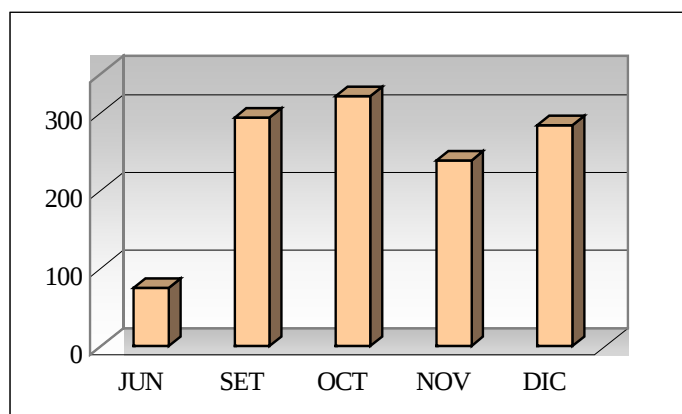


Figura 1. Densidad de plantas (pl/m²) en las diferentes fechas de muestreo.

4.4.1.2 Efecto de la posición topográfica

El número de plantas por posición topográfica presenta diferencias significativas en setiembre y octubre, apareciendo la densidad mayor en la zona más alta. En el resto de los meses no se aprecian diferencias significativas, a pesar de que en junio parecen haberse dado.

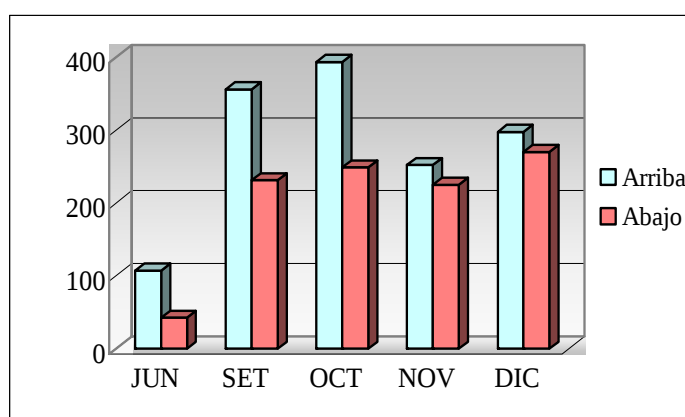


Figura 2. Densidad de tojo (pl/m²) según la posición topográfica y fecha de muestreo.

El valor de CV en junio es prácticamente igual en la zona alta y en la baja, con valores de 138% y 134% respectivamente. Sin embargo en el resto de las evaluaciones los valores son muy inferiores oscilando entre 41% y 76%.

4.4.1.3 Efecto de la ubicación de la unidad muestral

Entre junio y noviembre no se registran diferencias en densidad entre 1eras y 2das tiradas en ambas zonas de la parcela. Sólo en el mes de diciembre se destaca una marcada diferencia de la densidad promedio entre las tiradas en ambas posiciones topográficas. Es importante mencionar que segundas tiradas presentan valores mayores que primeras tiradas, aunque la significación estadística de las diferencias es baja ($p < 0,12$ y $0,16$).

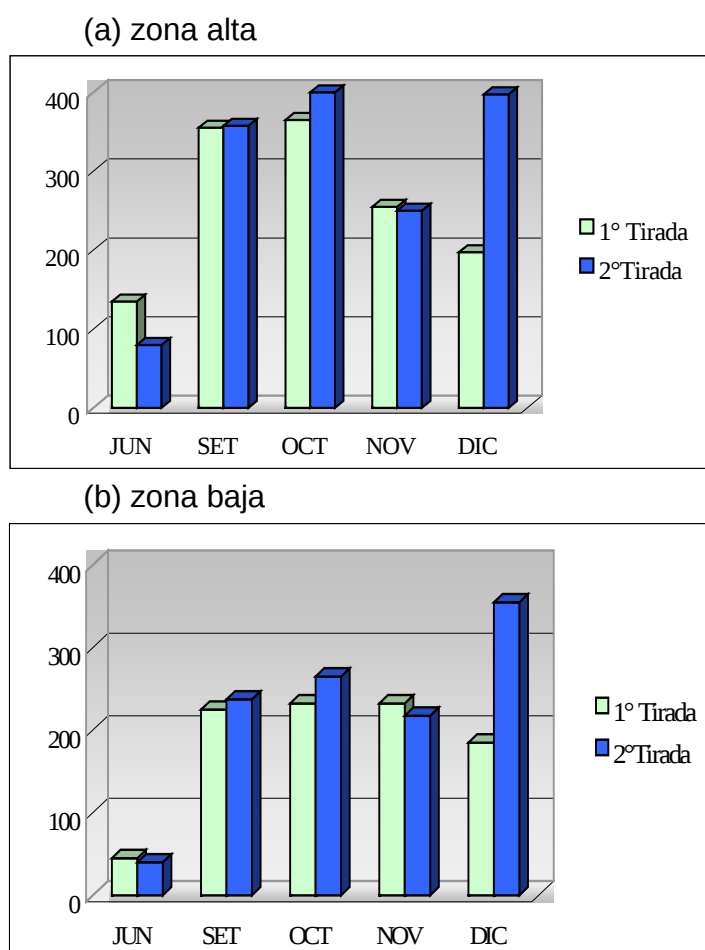


Figura 3. Densidad de tojo según tirada, posición topográfica y fecha de muestreo.

Se observa gran variabilidad en junio, donde el CV de los registros oscila entre 150-195% para las 1eras tiradas y entre 142-233% para las 2das. En los meses siguientes la variación en 1eras tiradas va desde 62% a 102%, y en 2das de 38% a 79%.

4.4.2 Análisis por tipo de planta

En la figura 4 se presenta la evolución de la densidad de los tojos según el grado de desarrollo a lo largo de los 5 muestreos postquema.

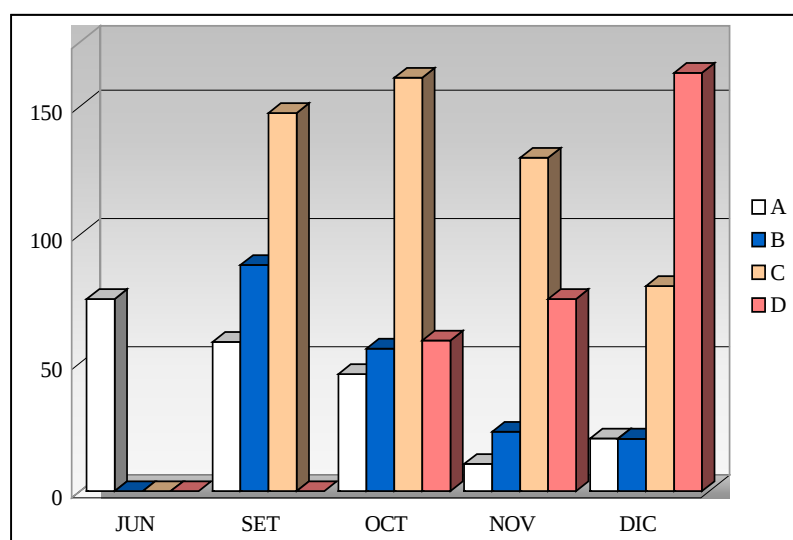


Figura 4. Número total de plantas (pl/m²) de cada categoría en las distintas fechas de muestreo.

4.4.2.1 Plantas A

En el mes de junio, es el único tipo de planta que se encuentra. Observando su evolución, se nota un descenso que es estadísticamente significativo entre octubre y noviembre ($p < 0,001$).

Con respecto a la posición topográfica, el número de plantas es diferente en los meses de setiembre y octubre ($p < 0,050$ y $p < 0,044$ respectivamente).

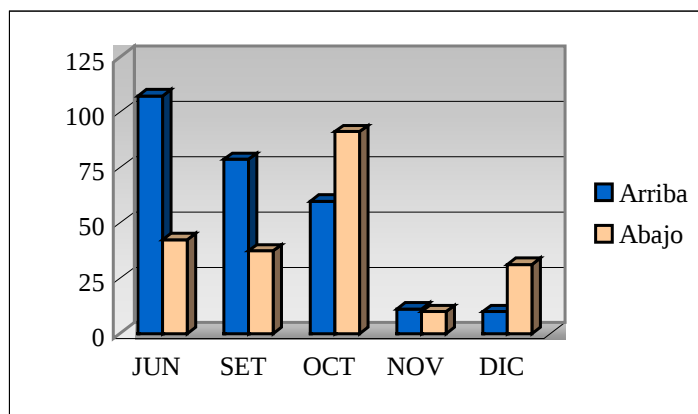


Figura 5. Densidad de plantas A según posición topográfica y fecha de muestreo.

En cuanto a las posibles diferencias en los valores promedio resultado de la ubicación de la unidad de muestreo respecto al borde, en ninguna de las posiciones ni fechas de evaluación dichas diferencias son estadísticamente significativas (fig. 6 y 7).

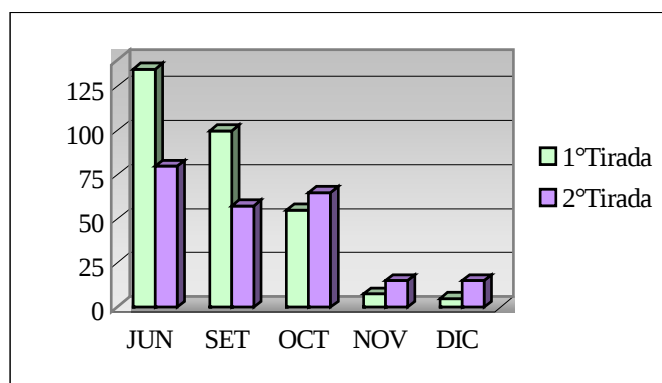


Figura 6. Densidad de plantas A según tirada en zona alta.

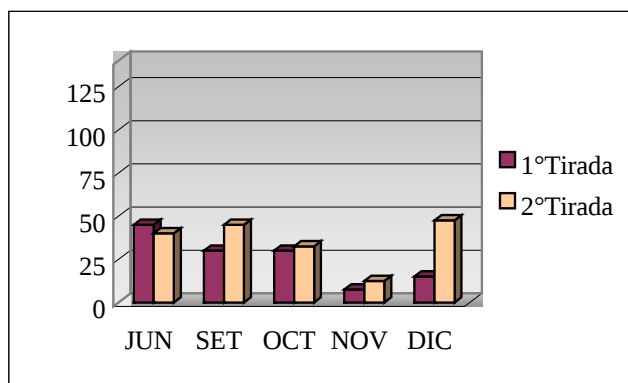


Figura 7. Densidad de plantas A según tirada en zona baja.

4.4.2.2 Plantas B

Esta clase de plantas se presenta a partir de setiembre. Es importante resaltar que registra un comportamiento igual a las del tipo A, en el número total de plantas en la parcela. La diferencia significativa ($p < 0,001$) sólo se encontró entre las evaluaciones de octubre y noviembre (fig.4). Cabe acotar que los datos son menos variables en la zona baja

En la figura 8 se ilustra la evolución de la densidad en función de la posición topográfica. En ninguno de los muestreos se encontraron diferencias significativas.

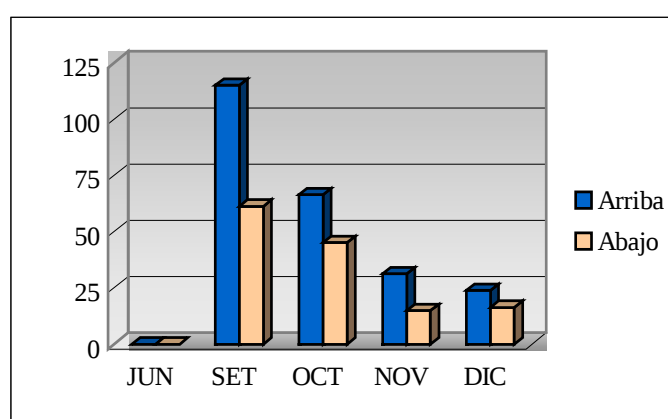
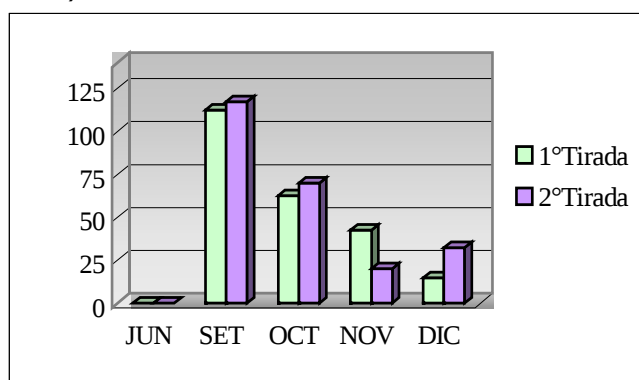


Figura 8. Densidad de plantas B según la posición topográfica y fecha de muestreo.

a) zona alta



b) zona baja

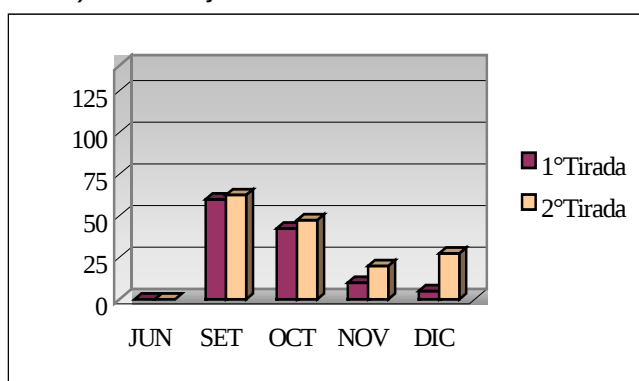


Figura 9. Densidad de plantas B según tirada, posición topográfica y fecha de muestreo.

Únicamente en el mes de diciembre y en la posición topográfica baja, la densidad promedio de las segundas tiradas es superior a la de las primeras ($p < 0,014$) (fig.9b).

4.4.2.3 Plantas C

Este estadio comienza a registrarse en el mes de setiembre. Constituye la clase de plantas dominante en setiembre, octubre y noviembre. Si bien los valores de setiembre y octubre no presentan diferencias significativas, los de octubre y noviembre si las tienen. De hecho la densidad de noviembre es notoriamente menor que la de octubre ($p < 0,052$).

No se presentan diferencias significativas según posición topográfica y tampoco según posición respecto al borde en ninguna fecha de muestreo. No obstante lo anterior existe mayor variabilidad de la densidad en la zona alta (fig. 10 , 11 y 12).

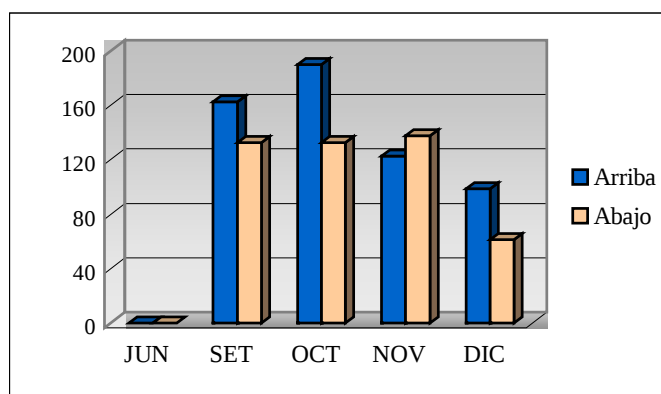


Figura 10. Densidad de plantas C (pl/m²) según posición topográfica y fecha de muestreo.

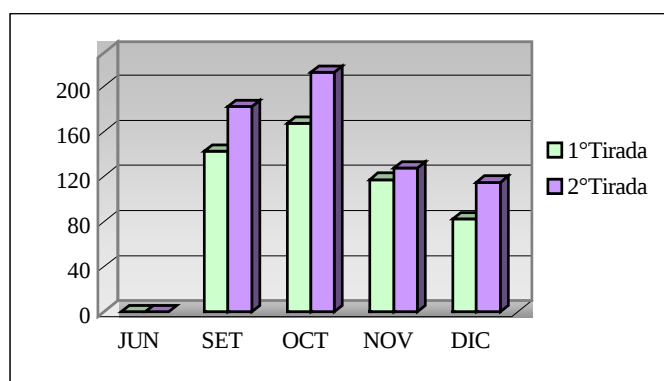


Figura 11. Densidad de plantas C (pl/m²) según tirada y fecha de muestreo en zona alta.

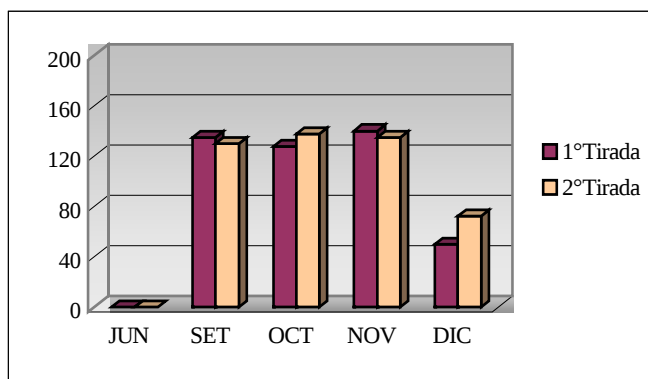


Figura 12. Densidad de plantas C (pl/m²) según tirada y fecha de muestreo en zona baja.

4.4.2.4 Plantas D

El registro de este estadio se da a partir de octubre (fig.4). En las tres evaluaciones realizadas se puede destacar como significativo el incremento en densidad de noviembre a diciembre ($p < 0,005$), constituyendo el tipo de planta dominante en este último mes.

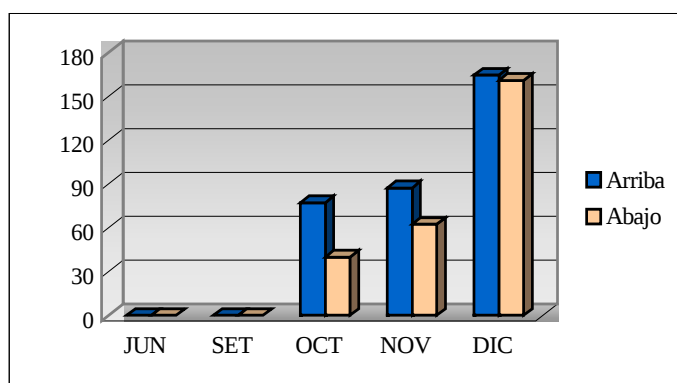
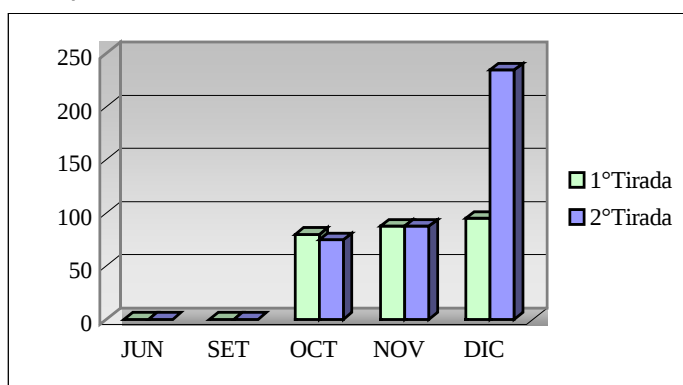


Figura 13. Densidad de plantas D (pl/m²) según la posición topográfica y fecha de muestreo.

Tomando como referencia la posición respecto al borde se destaca que en la parte alta la densidad en las 2das tiradas es sensiblemente superior a la de 1eras en el mes de diciembre ($p < 0.06$) (fig. 14a). Si bien en la zona baja no

existe una diferencia estadísticamente válida, los registros de ese mes aparentan ser superiores en 2das tiradas. Además, en esta última zona se advierte mayor variación entre registros (fig.14 a y b). En las restantes fechas y posiciones no se registran diferencias significativas.

a) zona alta



b) zona baja

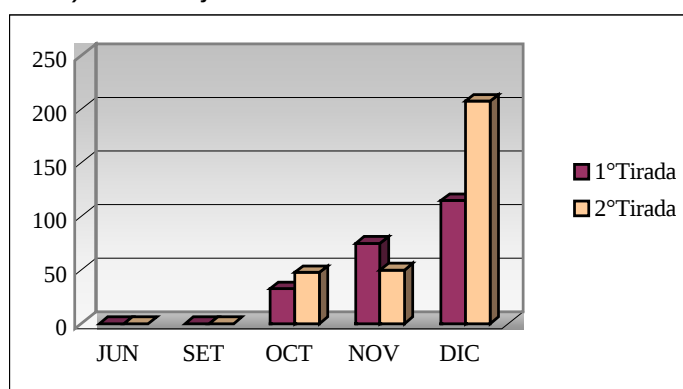


Figura 14. Densidad de plantas D (pl/m²) según tirada, posición topográfica y fecha de muestreo: a- zona alta; b- zona baja.

Si consideramos la altura promedio de esta clase de plantas, se observa una gran similitud de los valores en toda la parcela, ya sea entre posiciones topográficas como entre fechas de muestreo (cuadro 6).

Cuadro 6. Altura promedio (cm) de plantas D según posición topográfica y fecha de muestreo.

Mes	Posición topográfica	
	Arriba	Abajo
Octubre	6,1	5,7
Noviembre	7,1	6,3
Diciembre	7,3	6,2

En la zona alta dominan las plantas con alturas entre 5-10 cm en octubre y noviembre. En diciembre se observa un incremento considerable en densidad para las distintas clases de altura, exceptuando el rango de 5-10 cm. No obstante, predominan plantas con alturas menores de 5 cm y también se registra la mayor densidad de plantas entre 15-20 cm (fig.15).

En la zona inferior se destaca: la similitud de los registros en los meses de octubre y noviembre y el incremento en densidad de las dos primeras clases de altura en diciembre. En octubre y noviembre son muy similares tanto los valores de densidad como la distribución de clases de altura. Por otra parte, en diciembre predominan alturas de 0-5 y de 5-10 cm, con valores sensiblemente superiores a los demás meses (fig.16).

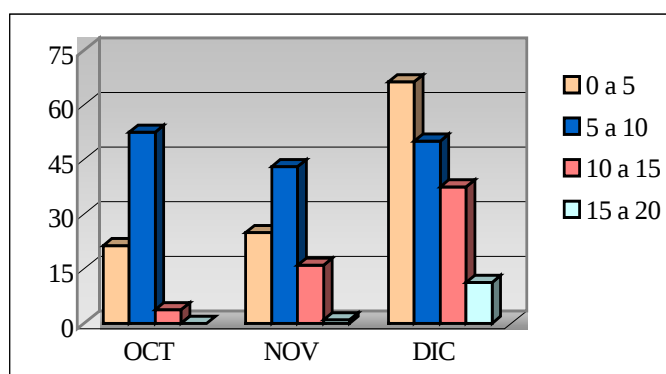


Figura 15. Densidad de plantas D (pl/m²) según la clase de altura y fecha de muestreo en zona alta.

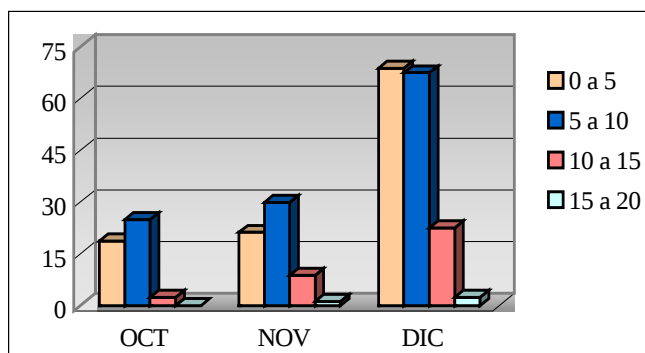


Figura 16. Densidad de plantas D (pl/m²) según la clase de altura y fecha de muestreo en zona baja.

4.5 EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL TOTAL POSTQUEMA DE OTOÑO

En la primera evaluación realizada en junio, los valores de cobertura fueron insignificantes, correspondiendo exclusivamente a plántulas de tojo recientemente emergidas. El 52,5 % de las unidades muestrales presentó 100% de suelo desnudo.

Para el período setiembre-diciembre, el porcentaje de cobertura vegetal promedio en la zona alta es ligeramente superior al de la baja (aprox. 65% contra 50%).

En la figura 17 se muestra la evolución desde setiembre de los valores estimados de cobertura para las dos posiciones topográficas y las dos posiciones respecto al borde de la parcela. El coeficiente de variación de esta variable osciló entre 19,5 y 70,9 % para las distintas fechas y combinaciones de posiciones, con un valor medio de 38%.

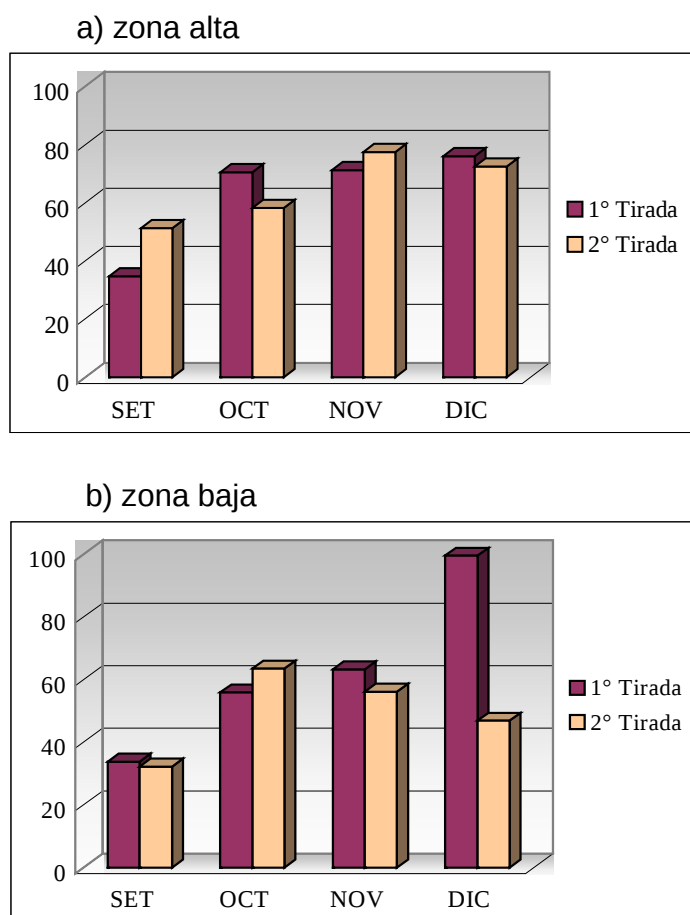


Figura 17. Cobertura vegetal media (%) según posición topográfica y tirada.

4.6 REGENERACIÓN DE TOJO POSTQUEMA DE PRIMAVERA

En esta evaluación las plantas corresponden todas al tipo A. Se observa claramente una mayor densidad en la parte alta. En esta zona las plántulas se concentran en segundas tiradas. En cambio en la zona baja se encuentran en mayor número en primeras tiradas (cuadro 7). Respecto a la cobertura vegetal del terreno, el valor medio fue de 57%.

Cuadro 7. Densidad promedio de tojo (plantas/m²) postquema de primavera.

	Posición topográfica	
Tirada	Arriba	Abajo
1er	16,7	58,3
2da	250	16,7
Media/posición	133,3	37,5
Media de parcela	85,4	

4.7 EFECTO DE LA QUEMA CONTROLADA SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Según la información presentada en el cuadro 8 se puede decir que se partió de un suelo ácido y con un alto contenido de materia orgánica.

Cuadro 8. Análisis químico de suelo pre y post quema de otoño considerando pH, materia orgánica (Mo), potasio (K) y fósforo (P).

Posición topográfica	pH		Mo (%)		K (meq/100g)		P (ppm)	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
Arriba	4,9	5,3	4,9	5,8	0,4	0,5	7	11,7
Abajo	4,9	4,5	5,4	4,7	0,4	0,5	6	10,7

Los valores de pH, materia orgánica, fósforo y potasio muestran una diferencia entre pre y postquema en ambas posiciones topográficas.

El valor de pH previo a la quema es igual en las dos posiciones topográficas (4,9). Posteriormente a la misma el valor en la zona alta aumenta, sin dejar de ser ácido, hasta 5,3 y en la zona baja disminuye hasta 4,5.

Por otra parte el valor de materia orgánica prequema es mayor en la zona baja. Luego de la quema el mayor valor se da en la parte alta.

Los valores de P y K registrados aumentan en distintas proporciones luego de la quema, aproximadamente un 100 % y 25 % respectivamente. Los contenidos iniciales prequema eran muy similares para ambos nutrientes en las dos zonas.

5. DISCUSIÓN

5.1 EVOLUCIÓN DE LAS PLANTAS DEL AÑO A LA QUEMA CONTROLADA DE OTOÑO.

Las condiciones ambientales más propicias para la germinación y establecimiento de las plántulas se dan en setiembre y octubre luego de la quema de otoño. El fuego actúa como estímulo de la germinación y en la eliminación del sombreado producido por el follaje de los tojos adultos, generando condiciones apropiadas para la germinación de la especie. Por otra parte, el ascenso de la temperatura del suelo y del aire conforme avanza la estación de crecimiento explica la mayor densidad de tojo en estos meses primaverales (fig.1).

La densidad presenta una caída significativa entre octubre y noviembre que se debe al descenso de la germinación y del establecimiento de plántulas. Las plantas que se ven más afectadas son las del tipo A y B (fig.4). Una explicación a este descenso es la ocurrencia de una situación de estrés ambiental: temperaturas atípicas para la época y/o cambios abruptos en la humedad del suelo.

En el análisis de la dinámica de la población se debe tener en cuenta que las plantas muestreadas en cada fecha no son las mismas, por lo que no se puede ser concluyente en términos del pasaje de una categoría a la siguiente. Además el tiempo transcurrido entre evaluaciones es de especial importancia en primavera donde muchas plantas en el período de un mes pueden pasar desde la germinación hasta estadios avanzados de la escala. A su vez, se deben reconocer velocidades de desarrollo diferenciales entre individuos. Algunas plantas podrían presentar un desarrollo más lento y otras incluso no sobrevivirían de una evaluación a la siguiente. Sin embargo, es posible tener un panorama de la regeneración (postquema-otoño) del tojal al mes de diciembre en que las categorías más jóvenes progresivamente tienen menor peso, y dominan las plantas espinosas.

Cabe agregar que los aspectos numéricos de la población muestreada se caracterizan por su alta variabilidad. Esto es esperable en virtud de los patrones agregados (o de tipo contagioso) de distribución de plantas (y semillas) que suelen presentar los vegetales creciendo espontáneamente. Por otra parte, a pesar de la uniformidad en la distribución del combustible disponible al momento de la quema, ésta pudo no haber generado temperaturas uniformes

en toda la parcela. Consecuentemente, la respuesta de las semillas del banco presente en el mantillo y el suelo mineral, también presenta una heterogeneidad intrínseca.

En cuanto al efecto de la posición topográfica, en la zona alta en junio y a principios de primavera (setiembre y octubre) la germinación y el establecimiento de las plántulas se ven favorecidos por registrarse un contenido de humedad no excesivo en el suelo y una mayor temperatura a nivel del mismo, favorecida por una mayor radiación incidente (fig.5). Las condiciones hídricas y térmicas más favorables para la germinación en el mes de octubre están asociadas a posiciones topográficas de ladera baja.

En los bordes del tojal, era esperable registrar en forma consistente el efecto del pastoreo sobre la densidad total de plantas de tojo o de alguna categoría particular. La primera tirada -más externa- estaría más accesible al ganado que la segunda tirada. Sin embargo, los resultados y comparaciones estadísticas realizadas no permiten corroborar esta hipótesis en todos los casos. Las diferencias entre posición de las unidades muestrales son más notorias en la última fecha de evaluación (fig.3, 9b y 14a).

A parte del efecto directo del fuego, el desarrollo de la cobertura vegetal total también puede atribuirse a los cambios en las propiedades químicas del suelo provocados por la quema. El aumento en el contenido de fósforo y potasio se debe a su liberación del mantillo y biomasa aérea (cuadro 8). Por otra parte, la quema modifica las condiciones microclimáticas, facilitando la mineralización de la materia orgánica y degradación del mantillo. Consecuentemente se incrementa el nitrógeno disponible, aportado en mayor proporción por la fijación biológica realizada oportunamente por el tojo.

5.2 EVALUACIÓN DE LA QUEMA CONTROLADA DE 2001.

En el primer año postquema, todos estos factores discutidos en relación a la quema de 2002, favorecerían en mayor medida el desarrollo de la vegetación asociada más que al tojo.

Esta maleza es una especie colonizadora que se adapta a distintas situaciones y especialmente a suelos pobres. Sin embargo, en condiciones más favorables -con mayor disponibilidad de nutrientes- la competencia con otras especies determina que los primeros estadios de las plantas del año logren establecerse sólo en una baja proporción. Por lo tanto, existiría una mayor probabilidad del que el número de plantas de tojo presente en la

cobertura provenga del rebrote de plantas viejas que fueron quemadas y/o cortadas (cuadro 2).

Asimismo, la velocidad en crecimiento en altura de las plantas no parece ser la causa de su habilidad competitiva mostrada en etapas más avanzadas del desarrollo del tojal, en que se excluyen casi totalmente a otras especies. En la medida que el pasaje a estadios espinosos es relativamente rápido (pocos meses) y no medie el efecto del pastoreo u otros controles, se irán creando matas que ocupan -lenta pero progresivamente- una mayor cobertura del terreno. El sombreado producido y eventuales fenómenos alelopáticos, complementan el análisis causal de la formación del matorral cerrado.

5.3 EL FUEGO COMO HERRAMIENTA DE CONTROL

Se puede afirmar que el fuego constituye una herramienta de manejo de tojales cerrados y bien establecidos. La reducción de la biomasa aérea habilita la intervención con otros métodos de control (mecánicos, químicos y pastoreo). La densidad de plantas sobrevivientes disminuye como consecuencia de la quema. A su vez el fuego estimula la reducción del banco de semillas al estimular su germinación. No existirían indicios que esta regeneración derive directamente en una densidad de tojos mayor a la originalmente controlada. Las referencias bibliográficas y la experiencia generada durante este trabajo indican, que el tratamiento postquema que se realice del tojal resulta esencial para determinar su evolución.

Respecto a la época de quema, una realizada en plena floración de primavera sería más eficiente en el control de potenciales legumbres, disminuyendo en gran medida la cantidad de semilla depositada en el suelo.

6. CONCLUSIONES

1. El fuego estimula la germinación de tojo, favoreciendo la reducción del banco de semillas del suelo.
2. La quema ayuda a controlar el número de plantas, disminuyendo la densidad de las mismas.
3. La posición topográfica y las condiciones ambientales inciden en la germinación, establecimiento y desarrollo de las plantas.
4. La quema estimula la germinación y rebrote de otras especies, así como también provoca cambios en las propiedades químicas del suelo pudiendo incidir en el desarrollo de la cobertura.
5. En la postquema la presencia de especies nativas de rápido crecimiento perjudica la germinación y establecimiento de plántulas de tojo.
6. El pastoreo complementa el efecto de la quema, ya sea disminuyendo la densidad como la altura de las plantas.
7. La quema por sí misma no controla un tojal establecido, por lo tanto debe complementarse con otro tipo de control según la situación que se enfrente.

7. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el fuego como herramienta de control de un tojal establecido, se realizaron quemas controladas en otoño y primavera. El tojal previo a la quema de otoño se caracterizó por: a) biomasa entre 5 y 6 kg/ m², b) una altura total promedio de 1,8 m cuyas 2/3 partes corresponden a material seco. Entre junio y diciembre se evaluó la respuesta a través de 5 muestreos, analizándose los efectos de la posición topográfica y distancia al borde sobre la regeneración. Las densidades medias obtenidas fueron de 75, 294, 321, 238, y 284 plantas/m² progresivamente en las diferentes fechas. Se observó que la densidad de plantas presenta diferencias significativas entre fechas de muestreo, y que la posición topográfica, conjuntamente con las condiciones ambientales, es un factor importante en la germinación y establecimiento de plántulas. El análisis fue asimismo realizado según 4 estados de desarrollo diferenciados para las plantas. También se evaluó la respuesta de una fracción del mismo tojal a una quema realizada el año previo, obteniéndose los siguientes resultados: a) cobertura vegetal de 98% con un 10% de cobertura de tojo, b) 9 plantas de tojo/m² y c) la relación entre plantas originadas de semilla y de rebrote fue de 1,7. Si bien el fuego estimula la germinación de la maleza, se verificó una significativa reducción del establecimiento inicial de las nuevas plantas, donde la cobertura vegetal acompañante pudo tener un rol importante. La quema como medida primaria de control se justifica por ser rápida y económica, pero se debe complementar con otros tipos de manejo.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS, C.; POPAY, A.I. 1990. Emergence of gorse seedlings from a root-raked area. Proceedings of the 43rd New Zealand Weed and Pest Conference, 1990 p 166-169. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
2. ALTOMARE, C.; FOGLIANO, V.; LOGRIECO, A.; MANNINA, L.; PERRONE, G.; RITIENNI, A. 1995. Production of neosolaniol by *Fusarium tumidum*. Mycopathologia 130(3):179-184. Tomado de: CAB Abstracts 1995.
3. AMARASEKERA, H.S.; DEVENDRA; MC WAHALA, S. 1998. Forestry and Enviromental symposium: Distribution of invasive plant *Ulex europaeus* in Horton Plains National Park. <http://lihni.sip.ac.ik/forestry/98sympo/9811debe.htm> (22/09/2002).
4. BARKER, R.; GIANOTTI, A.F.; JOHNSTON, P.R.; MORIN, L. 1998. Favourable conditions for the bioherbicide candidate *Fusarium tumidum* to infect and cause severe disease on gorse (*Ulex europaeus*) in a controlled enviroment. Biocontrol Science and Technology 8(2):301-311. Tomado de: CAB Abstracts 1998/08- 2000/07.
5. BARKER, R.J.; GOURLAY, A.H.; HILL, R.L. 2001. Survival of *Ulex europaeus* seeds in the soil at three sites in New Zealand. New Zealand Journal of Botany 39(2):233-244. Tomado de: CAB Abstracts 2000/08-2002/07.
6. BALNEAVES, J.M. 1978. Seasonal growth of gorse and its susceptibility to 2,4,5-T and 2,4,5-T/Plicoram. New Zealand Journal of Forestry. 23(1):137-142.
7. _____, DAVENHILL, N.A. 1990. Triclopyr-the forest managers'alternative to 2, 4, 5-T ?. New Zealand Journal of Forestry Science 20(3): 295-306. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
8. _____, GASKIN, R.E.; ZABKIEWICZ, J.A. 1993. The effect of varying rates of glyphosate and organosilicone surfactant on the control of gorse. Annals of Appllied Biology. 122(3): 531-536. Tomado de: CAB Abstracts 1993-1994.
9. _____, McCOND, A.R. 1990. Gorse control- a trying experience at Ashley Forest. FRI- Bulletin, Proceedings of an International Conference held at the Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand. 155:150-156. Tomado de: CAB Abstracts1990-1991.
10. _____, POPAY, A.J. 1992. Organosilicone surfactants help rainfastness of glyphosate on gorse and broom. Proceedings of the 49th New Zealand Plant Protection Conference, Wellington, New Zealand, 11-13 August, 1992. 247-250. Tomado de: CAB Abstracts 1993-1994.

11. BASANTA, R.; DÍAZ-FIERROS, F; SOTO, B. 1997. Effects of burning on nutrient balance in area of gorse (*Ulex europaeus* L). Science of Total Environment. 204(3):271-281. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
12. BETANCOURT, C.; SCATONI, I. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en Uruguay. Montevideo. Facultad de Agronomía. 207p.
13. BINGGELI, P. 1997. *Ulex europaeus* L (Papilionaceae).
<http://members.lycos.co.uk/WoodyPlantEcology/docs/web.sp18.htm>
14. BIOINTEGRAL RESEARCH CENTER (USA). 2000. Technical Bulletin: Noxious Weed Integrated Vegetation Management Guide-Gorse.
<http://www.efn.org/impa> (12/06/2003).
15. BLOWES, W.M.; FALLOW, K.O; LARE, P.M.S. 1989. Review of pulse and organosilicone surfactants for improved performance of glyphosate on some New Zealand weed species. Proceedings of the 11th Asian- Pacific Weed Science Society Conference (2): 641-646. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
16. BOATENG, J.; CALDICOTT, N; WILLIAM; H. ZIELKE, K. 1992. Broom and Gorse in British Columbia.
<http://www.for.gov.bc.ca/hfp/pubs/vegmngt/Broom-Gorse.pdf> (26/08/2003).
17. BOEDO, M.; REYES, O. 2000. El fuego como controlador de la germinación de *Cytisus scoparius* y de *C. multiflorus* y su aplicación agronómica.
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/ponencias/24.htm>
18. BOURDÔT, G.; SAVILLE, D.; SUNCKELL; A. 1994. Ragwort and Californian Thistle- Most Important Weeds In Dairy Pasture?.
http://www.nortnet.co.nz/publications/nzpps/proceedings/94/94_88.htm (22/09/2002).
19. BROADHURST, P.G; JOHNSTON, P.R.; PARKES, S.L. 1995. Fungi associated with gorse and broom in New Zealand. Australasian-Plant-Pathology 24(3):157-167. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
20. BURRILL, L.C.; CANNON, L.E.; DUDDLES, R.E.; LYMN, R.G; POOLE, A.P. 1992. Effect of adjuvants on herbicide activity on gorse. Proceedings of the Western Society of Weeds Science(USA) (45):60-65. Tomado de: CAB Abstracts 1993-1994.
21. _____,CANNON, L.; MILLER, G.; POOLE, A. 1989. Gorse (*Ulex europaeus*) control with herbicides. Proceedings of the Western Society of Weed Science (USA) (42):156-161. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
22. CAMPBELL, M.H.; HOLST, P.J.; PEARSON, C.J.; ROBARDS, G.E.; WHEELER, J.L. 1987. The role of goats in the control of weeds of pastures. Temperate-pastures: their production, use and management. 262-263. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.

23. CARRILLO, LL.R.; MARTÍNEZ, G.G.; NEIRA, C.M.; NORAMBUENA, M.H.; RODRÍGUEZ, A.F. 2000. Host specificity study of the gorse moth *Agonopterix ulicetella* (Station) for the biological control of gorse *Ulex europaeus* L. *Agro-sur* 28(1):133-151. Tomado de: CAB Abstracts 2002/08-2003/07.
24. _____, REBOLLEDO, R.R.; 1988. The seasonal cycle, phenology and host plants of *Icerya purchasi* Maskell in Valdivia, Chile. *Revista Chilena de Entomología* (16):25-32. Tomado de: CAB Abstracts 1990-91.
25. CASAL, M.; PRADO, S.; REYES, O.; RIVAS, M. 2001. Efectos del fuego sobre la germinación de varias especies leguminosas arbustivas. Universidad de Santiago de Compostela, Área de Ecología. 5p
26. CASTELLANOS, A.; FERNÁNDEZ, O.; GÓMEZ, C.; GONZÁLEZ-RÍO, F. 2001. Manual de selvicultura del eucalipto. <http://www.agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/6mantenimiento.htm> (22/11/2003).
27. CHATTERTON, W.S.; GOURLAY, A.H.; HOLLOWAY, R.J.; IRESON, J.E.; KWONG, R.H. 2003. Host specificity, release and establishment of the gorse spider mite *Tetranychus lintearius* Dufor (Acarina: Tetranychidae), for the biological control of gorse, *Ulex europaeus* L (Fabaceae), in Australia. *Biological Control* 26 (2):117-127. Tomado de: CAB Abstracts 2002/08-2003/07.
28. CHOW, P.N.P.; GASKIN, R.E.; GRANT, C.A.; HINSHALWOOD, A.M.; ZABKIEWICZ, J.A. 1989. Effect Of adjuvants on uptake and translocation of glyphosate on gorse (*Ulex europaeus* L). *Adjuvants and agrochemicals* 1:141-149. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
29. CLEMENTS, D.R.; PETERSON, D.J.; RAJ, P. 2001. The biology of Canadian weeds: *Ulex europaeus* L. *Canadian J. Plant Science* (81):325-327.
30. COLBY, S.R.; HILL, E.R.; KITCHEN, L.M.; LYNN, R.G.; McAVOY, W.J.; PRASAD, R. 1989. *Herbicide handbook of the Weed Society of America*. 6ta Edición. Champaign, Illinois. Weed Science Society of America. 301p.
31. COLLINGRIDGE, R.; EKIN, R. Conservation management: Hilcroft Conservation Grazing. 2003. http://www.collingridge.net/grazing/conservation_management.html (28/11/2003).
32. COLOMBIA. DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. 2002. <http://200.74.144.59/publnw/res/res.htm>

33. COOMBS, E.M.; CROFT, B.A.; PRATT, P.D. 2003. Predation by phytoseiid mites on *Tetranychus lintearius* (Acari:Tetranychidae), an established weed biological control agent of gorse (*Ulex europaeus*). Biological-Control 26(1): 40-47. Tomado de: CAB Abstracts 2002/08- 2003/07.
34. _____, MARKIN, G.; PIPER, G. 2002. *Apion ulicis* Forster -"Gorse Seed Weevil". http://www.wes.army/EL/pmis/biocontrol/html/apion_ul.html (22/07/2003).
35. CONANT, P.; HOFFMANN, J.H.; MARKIN, G.P.; MORAN, V.C.; YOSHIOKA, E.R. 1996. Biological control of gorse in Hawaii. Proceedings of the 9th International Symposium on biological control of weeds, Stellenbosch, South Africa, 19-26 January, 1996. 371-375. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
36. COSTLEY, K.J.; COWLES, R.J.; SOUTHGATE, P.; WILCOCK, R.J.; WILSON, B.; 1991. Steam run-off losses and soil and grass residues of triclopyr applied to hillside gorse. New Zealand Journal of Agricultural Research. 34(3): 351-357. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
37. DASTGHEIB, F.; FIELD, R.J.; POPAY, A.J.; SEARLE, H. 1994. Surfactant effects on the uptake of different herbicide by gorse. Proceedings of the 47th New Zealand Plant Protection Conference, Waitangi, New Zealand. 392-396. Tomado de: CAB Abstracts 1995.
38. DEAN, M.G; WEST, G.G. 1990. The use of livestock to control weeds in New Zealand forests. Proceedings of an International Conference held at the Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand, 25-27 July, 1989. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
39. DOLL, J.; HERBERGER, J.; HOLM, E.; HOLM, J.; PANCHO, J. 1997. World weeds: Natural histories and distribution. New York. John Wiley & Sons p 80-88.
40. EDWARDS, P.J.; E KING, J.R. 1997. Morphology of gorse(*Ulex europaeus*) and its consequences for browsing by ponies. Bulletin of the Geobotanical Institute-ETH (63): 69-75. Tomado de: CAB Abstracts 1996-07/1998.
41. ESCOBAR, S.; NORAMBUENA, H.; RODRÍGUEZ, F. 1999. The biocontrol of gorse *Ulex europaeus*, in Chile: A Progress Report <http://www.invasive.org/publications/xsymposium/proceed/13pg955.pdf> (22/11/2003).
42. _____.2001.Biological control of *Ulex europaeus* L.: introduction to Chile of two population of the moth *Agonopterix ullicetella* (Stainton)(Lepidoptera: Oecophoridae). Agricultura Técnica 61(1):82-88. Tomado de: CAB Abstracts 200/08- 2002/07.
43. FIELD, R.; POPAY, I. 1996. Grazing animals as weed control agents. Weed-technology. (10):1217-231. Tomado de CAB Abstracts 1996-1998/07.

44. FORGEARD, F.; HELY, C. 1998 Hétérogéité d'une lande haute à *Ulex europaeus* en relation avec la propagation du feu (Bretagne, France). *Canadian Journal of Botany*. 76(5): 804-817.
45. FOWLER, S.V.; GOURLAY, A.H.; HILL, R.L. 2000. The biocontrol programme against gorse in New Zealand.
<http://landcaresearch.co.nz/research/biosecurity/weeds/gorse/13pg909.pdf>. (26/03/2003).
46. _____, HILL, R.L.; MEMMOTT, J. 1998. The effect of release size on the probability of establishment of biological control agents: gorse thrips (*Sericothrips staphylinus*) released against gorse (*Ulex europaeus*) in New Zealand. *Biocontrol-Science-and-Technology* 8(1): 103-115. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
47. FROHLICH, J.; GIANOTTI, A.F.; GOUS, S.; LIU, Z.Q.; RAY, J.W.; VANNER, A.L.; ZABKIEWICZ, J.; ZYDENBOS, S.M. 2000. Field evaluation of *Fusarium tumidum* as a bioherbicide against gorse and broom. New Zealand Plant Protection. Proceedings of a conference, Christchurch, New Zealand. Tomado de: CAB Abstracts 2000/08-2002/09.
48. GARCÍA, X.R. 1981. O Toxo: a pranta galega mais famosa (*Ulex europaeus*).
<http://galeon.mspavista.com/parra/plant.htm8> (22/09/2002).
49. GASKIN, R.E.; MURRAY, R.J.; O'CALLAGHAN, M. 1997. Effect of organosilicone surfactants on the control of gorse by metsulfuron. Proceedings of the 50th New Zealand Plant Protection Conference, Canterbury, New Zealand, August, 1997. p134-138. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
50. _____, ZABKIEWICZ, J.A. 1991. A comparison between two commercial organosilicone surfactants; their effect on the uptake and translocation of glyphosate in gorse (*Ulex europaeus* L). Proceedings of the 44th New Zealand Weed and Pest Control Conference, 109-111. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
51. GIANOTTI, A.F.; MORINI, L.; LAUREN, D.R. 2000. Trichotecene production and pathogenicity of *Fusarium tumidum*, a candidate herbicide for gorse and broom in New Zealand. *Mycological Research*. 104 (8):993-999. Tomado de: CAB Abstracts 2000/08-2001/04.
52. GOURLAY, H. 2003. Progress Towards Biological Control of gorse in New Zealand.
http://www.landcaresearch.co.nz/research/biosecurity/weeds/gorse/biocontrol_progress.asp (22/11/2003).
53. _____, HILL, R.L.; 1990. The role of biological control in the long-term management of gorse, *Ulex europaeus* L. in. Proceedings of an International Conference held at the Forest Research Institute, Rotorua, New Zealand, 25-27 July, 1989. New Zealand. FRI- Bulletin (165):26-27. Tomado de: CAB Abstracts 1990-91.

54. _____, HILL, R.L. 2002. Host-range testing, introduction, and establishment of *Cydia succedana* (Lepidoptera: Tortricidae) for biological control of gorse, *Ulex europaeus* L, in New Zealand. *Biological control* 25 (2):73-186. Tomado de: CAB Abstracts 2002/08-2003/07.
55. _____, HILL, R.L.; LEE, W.G.; WILSON, J.B. 1996. Dispersal of seeds under isolated gorse plants and the impact of seed-feeding insects. http://hortnet.co.nz/publications/nzps/proceedings/96/96_114.htm
56. _____, HILL, R.L.; MARTIN, L. 1991. Seasonal and geographic variation in the predation of gorse seed, *Ulex europaeus* L, by the seed weevil *Apion ulicis* Forster. *New Zealand Journal of Zoology* 18(1): 37-43. Tomado de: CAB Abstracts 1993-94.
57. _____, HILL, R.L.; O'DONELL, D.J.; SPEED, C.B. 1995. Suitability of *Agonopterix ulicetella* (Stainton) (Lepidoptera: Oecophoridae) as a control for *Ulex europaeus* L (Fabaceae: Genisteae) in New Zealand. *Biocontrol Science and Technology* 5(1):3-10. Tomado de: CAB Abstracts 1995.
58. _____, HILL, R.L.; WIGLEY, P. 1989. The introduction of gorse spider mite, *Tetranychus lintearius*, for biological control of gorse. *Proceedings of 42nd New Zealand Weed and Pest Conference* 137-139. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
59. HILL, R.L. 1990. Environmental Protection procedures and the Biological control programme against gorse in New Zealand. *Proceedings of the 8th International Symposium on Biological Control of Weeds*. p127-133. Tomado de: CAB Abstracts 1993-1994.
60. _____, O'DONELL, D.J. 1991. The host range of *Tetranychus lintearius* (Acarina: Tetranychidae). *Experimental and applied acarology* 11(4): 253-269. Tomado de: CAB Abstracts 1992-94.
61. HINCKSMAN, M.; RAELENE, K. 2001. Biological control of gorse with the gorse thrips. www.nre.vic.gov.au/4A2568B2008332A3/BCView/40C7B9C6CA7B78B8CA256BCF000AD543?
62. HODLE, M.S. 1991. Gorse podsusceptibility and oviposition preference to the gorse seed weevil, *Apion ulicis* Forster (Coleoptera: Apionidae). *New Zealand Journal of Zoology* 18(1): 31-35. Tomado de: CAB Abstracts 1993-94.
63. HOSHOVSKY, M. 1989. Element Stewardship Abstract for *Ulex europaeus*. <http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/documnts/ulixerop.pdf>. (22/11/2003).

64. ISHERWOOD, M.; MOTOOKA, P.; NAGAI, G.; SHISHIDO WO. 1981. Gorse control with herbicides an its enhancement with surfactants. Proceedings of The Western Society of Weed Science (USA)42:161-166. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
65. JOHNSTON, P.R.; PARKES, S.L.; POPAY, A.J. 1994. Evaluation of the mycoherbicide potential of fungi found on broom and gorse in New Zealand. Proceedings of the 47th New Zealand Plant Protection Conference, Waitangui, New Zealand 121-124. Tomado de: CAB Abstracts 1995.
66. LIM, G.S.; OOI, P.A.C.; TENG, P.S.; STEVENS, P.J.J.G.; ZABKIEWICZ, J.A.; 1990. Silwet surfactants have physical and phsiological properties which enhance the performance of herbicide spray formulations. Proceedings of the 3rd International Conference on Plant Protection in the Tropics, Malasia, 20-23 March, 1990. 20-24. Tomado de: CAB Abstracts 1993-1994.
67. LLORENTE, R.C.; RANZ, R.R. 1990. Effect of *Icerya purchasi* Maskell on *Ulex europaeus* L. Simiente. 60 (3):231-235. Tomado de: CAB Abstracts 1990-91.
68. MARKIN, G. P. 1994. *Ulex europaeus* L: common gorse.
<http://www.wpsm.net/Ulex.pdf> (22/07/2003).
69. _____, YOSHIOKA, E.R. 1990. Present status of biological control of the weed gorse (*Ulex europaeus* L). Proceedings of the 8th Symposium on Biological Control of Weeds.357-362. Tomado de: CAB Abstracts 1993-94.
70. MATTHEI, O. 2001. Manual de las malezas que crecen en Chile. Santiago de Chile. CONAF. 350 p.
71. Mc GREGOR, P.G.; PETERSON, P.G., SPRINGETT, B.P. 2000. Density dependent prey-feeding time of *Stethorus bifidus* (Coleoptera: Coccinelidae) on *Tetranychus lintearius* (Acari: Tetranychidae). New Zealand journal of Zoology 27:(1)41-44. Tomado de: CAB Abstracts 1998/08-2000/07.
72. MENÉNDEZ, R.; GUTIERREZ, D. 1994. Seed predation of *Ulex europaeus* L by insects. Studia-Oecologica10 (11):235-240. Tomado de: CAB Abstracts 1998.
73. MURRAY, C. 2002. Towards a Decision Support Tool to Adress Invasive species in Gary Oak and Associatted Ecosystems; Top 10 Invasive Plant Species Currently threatening GOEs in BC.
<http://www.lycos.co.uk/ad/WoodyPlantEcology/does/web-sp18.htm> (22/11/2003).

74. NORAMBUENA, H.; PIPER, G.L. 2000. Impact of *Apion ulicis* Forster on *Ulex europaeus* L seed dispersal. *Biological control* 17(3):267-271. Tomado de: CAB Abstracts 1998/08-2000/07.
75. OBESO, J.R.; VERA, M.L. 1995. Regeneration of the Atlantic Heathland of Cape Penas after a severe fire. *Studia-Oecologica*. (12):223-236. Tomado de: CAB Abstracts 1996-1998/07.
76. O'BRIEN, C.W. 1988. Curculionidae, premiere control agents (Coleoptera: Curculionidae). In *Biology and Phylogeny of Curculionoidea: Proceedings of a symposium convened at the 18th International Congress of Entomology, Vancouver, Canada, 3-9 July, 1988*. Tomado de CAB Abstracts 1995.
77. PÉREZ, M.; PIÑEIRO, J. 1988. Production of pastures between pines -a solution for reduce the risk of forest fires. *Agricultura-Madrid* (672):480-484. Tomado de: CAB Abstracts 1990-1991.
78. PEIRCE, J. 1991. Using goats to control weeds. *Journal of Agriculture-West-Australia* 32(3):83-87. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
79. PORCILE, J. F. 1998. El tojo. *Campo & Expansión Rural* 1(2): 30-31.
80. _____. 2001. El Tojo (*Ulex europaeus* L): maleza introducida que no debe ser subestimada. *Uruguay Forestal* 10(26): 17-19.
81. PRIESTLEY, T. 2002. Quarantine, Pests and Diseases; Gorse(*Ulex europaeus*) <http://www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf> (26/03/2003).
82. RADCLIFE, J.E. 1990. Gorse control by goats: effective strategies in Canterbury in *Proceedings of an International Conference held at the Forest Research Institute, New Zealand, 25-27 July 1989*.
83. STEVENS, P.J.G., ZABKIEWICZ, J.A. 1990. New formulation technology -Silwet organosilicone surfactants have physical and physiological properties which enhance performance of sprays. *Proceedings of the 9th Australian Weeds Conference*. 327-331. Tomado de: CAB Abstracts 1992.
84. TUMMONS, P. 2002. Whatever happened to "Gorse Busters". <http://planet-hawaii.com/enviroment/402whatever.htm> (31/05/2003).
85. USA. WASHINGTON STATE NOXIOUS WEED CONTROL BOARD OFFICE. Written Findings of the State Noxious Weed Control Board Class B, B-designate Weed ; Gorse (*Ulex europaeus* L). http://www.wa.gov/agr/weedboard/weed_info/gorse.html
86. XUNTA DE GALICIA (ESPAÑA) CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE. 2002. Vexetación, Bioxeografía: Toxeiras. <http://www.xunta.es/conselle/cma/CMA05e/CMA05enHumidais/gal/intro/biogeografia/vegeta01htm> .

