

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DE LA QUEMA CONTROLADA SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
DEL BANCO DE SEMILLAS DE TOJO (*Ulex europaeus L.*).**

**por**

**Enrique Martín ELSO GALAIN**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2004**

**Tesis aprobada por :**

**Director :**            **Esteban Graf**

---

**Juan Pablo Chiara**

---

**Graciela Romero**

---

**Fecha :**            **22/12/2004**

**Autor :**            **Enrique Martín Elso Galain**

---

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Sra. Graciela Valerio el permiso incondicional otorgado para realizar la etapa experimental de dicho informe en su establecimiento particular, poniendo a nuestra disposición el uso de sus instalaciones y materiales que a tales efectos pudieran requerirse.

A los directores de tesis, Juan Pablo Chiara, Esteban Graf y Graciela Romero, por su colaboración brindada durante la ejecución del trabajo de campo así como también por sus diálogos fructíferos que me permitieron tener una visión más acertada y concreta acerca de esta antigua pero poco conocida problemática mundial.

A los Ing. Agrónomos Cristal Amaro y Francisco Porcile por sus aclaraciones prácticas, consejos y recomendaciones en la búsqueda de material bibliográfico cuando el trabajo se encontraba aún en sus etapas iniciales de elaboración.

Por último no puedo dejar de reconocer el respaldo brindado por mis padres en todo momento a lo largo de mi tránsito por la Facultad de Agronomía, apoyo sin el cual no hubiera sido posible culminar mis estudios en dicha institución.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</u> .....	
2.1 CLASIFICACION BOTÁNICA Y DESCRIPCION MORFOLÓGICA DE <i>Ulex europaeus</i> L. ....	3
2.1.1 <u>Hojas</u> .....	3
2.1.2 <u>Troncos y ramas</u> .....	4
2.1.3 <u>Flores</u> .....	5
2.1.4 <u>Frutos</u> .....	6
2.1.5 <u>Semillas</u> .....	7
2.1.6 <u>Sistema radicular</u> .....	7
2.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN .....	8
2.3 SITUACION NACIONAL .....	10
2.4 DESARROLLO DE LAS PLANTAS .....	13
2.4.1 <u>Estadios de crecimiento</u> .....	13
2.4.1.1 Trifoliado .....	13
2.4.1.2 Espinoso .....	14
2.4.2 <u>Longevidad y Tasas de crecimiento</u> .....	14
2.4.3 <u>Influencia de factores ambientales</u> .....	14
2.4.3.1 Fotoperíodo .....	14
2.4.3.2 Intensidad de luz .....	15
2.4.3.3 Agua .....	15
2.4.3.4 Defoliación .....	16
2.4.3.5 Sombreado .....	16
2.4.3.6 Suelos .....	17
2.4.3.7 Fuego .....	18
2.4.4 <u>Floración y fructificación</u> .....	19
2.5 SEMILLAS .....	20
2.5.1 <u>Importancia en la propagación</u> .....	20
2.5.2 <u>Dispersión</u> .....	20
2.5.2.1 Apertura de la vaina .....	20
2.5.2.2 Corrientes fluviales .....	21
2.5.2.3 Material edáfico empleado en construcción...	21
2.5.2.4 Fango o lodo existente en el suelo .....	21
2.5.2.5 Aves y hormigas .....	21

2.5.2.6 Vehículos de transporte y maquinaria agrícola.....	22
2.5.3 <u>Densidad</u> .....	22
2.5.4 <u>Latencia y longevidad</u> .....	22
2.5.5 <u>Germinación</u> .....	23
2.5.5.1 Artificial o inducida.....	23
2.5.5.2 Natural.....	25
2.5.6 <u>Influencia del fuego sobre el banco de semillas</u> .....	25
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	27
3.1 DESCRIPCION DEL SITIO DE ESTUDIO .....	27
3.1.1 <u>Ubicación geográfica</u> .....	27
3.1.2 <u>Características generales del tojal</u> .....	27
3.2 MUESTREO DEL TOJAL ADULTO .....	28
3.3 QUEMA DEL TOJAL.....	28
3.4 MUESTREO DEL BANCO DE SEMILLAS .....	30
3.4.1 <u>Previo a la quema</u> .....	30
3.4.2 <u>Posterior a la quema</u> .....	30
3.5 MUESTREO POST-QUEMA DE PLÁNTULAS DE PRIMAVERA.....	31
3.6 TRATAMIENTO DE SEMILLAS EN EL LABORATORIO.....	31
3.6.1 <u>Evaluación de la capacidad escarificadora del ácido sulfúrico</u> .....	31
3.6.2 <u>Evaluación de la capacidad escarificadora del fuego</u> .....	32
3.7 MUESTREO DE SUELOS.....	33
3.7.1 <u>Previo a la quema</u> .....	33
3.7.2 <u>Posterior a la quema</u> .....	33
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	34
4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TOJAL.....	34
4.2 BANCO DE SEMILLAS.....	36
4.2.1 Otoño.....	36
4.2.2 Primavera.....	37
4.2.3 <u>Prequema versus postquema</u> .....	40
4.3 REGENERACION NATURAL POSTQUEMA DE PRIMAVERA.....	40
4.4 SEMILLAS EN EL LABORATORIO .....	42
4.4.1 <u>Evaluación de la capacidad escarificadora del ácido sulfúrico</u> .....	42
4.4.2 <u>Evaluación de la capacidad escarificadora del fuego</u> .....	43
4.4.2.1 Tratamiento de prequema.....	43
4.4.2.2 Tratamiento de postquema.....	44
4.4.2.3 Prequema versus postquema.....	44

4.4.2.4 Distintos tratamientos de escarificación: comparación de ácido sulfúrico y fuego.....	45
4.5 SUELOS.....	46
4.5.1 <u>Subparcelas del alto</u> .....	46
4.5.2 Subparcelas del bajo.....	47
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	48
6. RESUMEN.....	49
7. <u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	50

## LISTA DE CUADROS.

Cuadro N°	Página.
1. Sitios de ocurrencia de <i>Ulex europaeus</i> L asociados al tipo de suelo ( <u>detecciones</u> entre 1985 y 2001).....	11
2. Variables básicas utilizadas para caracterizar el tojal adulto establecido considerando como unidad de superficie el metro cuadrado.....	34
3. Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de otoño (miles de semillas por metro cuadrado).....	36
4. Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de otoño (miles de semillas por metro cuadrado).....	37
5. Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de primavera (miles de semillas por metro cuadrado).....	38
6. Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de primavera (miles de semillas por metro cuadrado).....	38
7. Porcentajes de emergencia promedio registrados durante el muestreo postquema de primavera.....	39
8. Comparación prequema y postquema de las semillas recolectadas durante el muestreo de otoño y primavera.....	40
9. Densidad promedio de tojo postquema de primavera ( plantas/m <sup>2</sup> ).....	41
10. Porcentajes de germinación/emergencia promedio registrados durante el muestreo postquema de primavera, laboratorio y campo respectivamente.....	41
11. Porcentaje de germinación de semillas tratadas con ácido sulfúrico a distintos intervalos de tiempo.....	42
12. Porcentaje de germinación de semillas recolectadas antes y después de la quema de primavera evaluado 10 y 34 días a partir de la fecha de siembra.....	43

13. Porcentajes de germinación promedio registrados en el laboratorio con dos tratamientos promotores: ácido sulfúrico y fuego.....	45
14. Comparación prequema y postquema de las muestras de suelo extraídas de las subparcelas ubicadas en el alto (muestreo de otoño).....	46
15. Comparación prequema y postquema de las muestras de suelo extraídas de las subparcelas ubicadas en el bajo (muestreo de otoño).....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

*Ulex europaeus L.* (conocida vulgarmente con el nombre de tojo) es una maleza europea agresiva que fue introducida en nuestro país en la década del sesenta con la finalidad de utilizarla como cerco vivo y ornamental, dos de los múltiples atributos que presenta esta especie vegetal.

Se trata de un arbusto perenne, espinoso, que forma matorrales densos e impenetrables, constituyendo actualmente una maleza en más de 30 países dispersos por todo el mundo.

La principal problemática que presenta (tanto a nivel mundial como nacional) es la disminución de la capacidad productiva potencial de numerosos suelos dedicados a actividades agrícolas, ganaderas y/o forestales, provocando un fenómeno conocido como "achicamiento de los potreros". Corresponde mayoritariamente a una maleza de campo natural y plantaciones forestales.

A nivel nacional se ha ido extendiendo en gran parte del territorio, ocupando áreas de significación que se incrementan año tras año debido a cuatro causas principales:

- \* presencia de condiciones climáticas favorables que ofrece el Uruguay en virtud de las cuales el tojo ha mostrado una excelente capacidad de adaptación.

- \* prácticas de manejo inapropiadas que benefician y aceleran su diseminación, tales como: empleo de herramientas y maquinaria que por descuido conservan semillas de maleza, pastoreo de animales que se trasladan de un sitio a otro, ruptura del tapiz vegetal por medios mecánicos (lo cual provoca escarificación de las semillas y constituye un hábitat ideal para la germinación potencial de semillas provenientes de predios linderos ya contaminados).

- \* cambios de uso del suelo (por ejemplo sustitución de ovinos por forestación).

- \* hábito de crecimiento, características reproductivas y anatómicas apropiadas que le permiten competir exitosamente frente a otras especies.

Por estas razones se ha convertido en un problema más que debe enfrentar actualmente el productor, dado que reduce notoriamente la superficie útil de pastoreo y siembra, disminuyendo el valor inmobiliario de los campos donde se encuentra.

Paralelamente, la existencia de un comportamiento típicamente invasor plantea dificultades en la limpieza de campos a la vez que encarece los costos de preparación del

sitio para implantar y/o cosechar cultivos forestales donde eleva notoriamente los costos de cosecha del monte.

Su habilidad para colonizar una amplia gama de sitios diferentes, dificultando todo tipo de control posterior, radica entre otras causas, en la abundante producción de semillas muy persistentes que pueden permanecer viables en el suelo durante más de 30 años, siendo esta la modalidad de reproducción más difundida que presenta el tojo.

También presenta hojas adultas espinosas y aciculares que limitan el ramoneo vacuno y ovino una vez que la planta supera los 15-20 cm de altura, y cutículas gruesas que le permiten adaptarse a sitios ventosos, soleados y secos (Porcile, 2001).

De esta forma, el objetivo general del presente trabajo es evaluar el efecto del fuego sobre el banco de semillas de *Ulex europaeus L.*

También se plantearon una serie de objetivos específicos que se detallan a continuación :

- \* caracterización cuali y cuantitativa del banco de semillas, considerando dos estaciones de quema (otoño y primavera) y dos posiciones topográficas distintas (alto y bajo).

- \* comparación de distintos tratamientos para levantar la dormancia: ácido sulfúrico a distintos intervalos de tiempo (30, 60 y 90 minutos) y fuego.

- \* comparar el porcentaje de emergencia registrado a campo durante la postquema de primavera con el porcentaje de germinación obtenido en el laboratorio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CLASIFICACION BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Ulex europaeus L.*

El tojo cuyo nombre científico es *Ulex europaeus L.*, es una Leguminosa perteneciente a la sub-familia Papilionoidea (Porcile, 2001).

La familia Leguminosae (también denominada Fabaceae) incluye un total aproximado de 18000 especies con una distribución muy amplia que se extiende a lo largo de todo el mundo, presentando formas vegetativas muy variadas: herbáceas perennes, herbáceas anuales, arbóreas, arbustivas, trepadoras (Grela, 1999 com. per.)

El follaje de las leguminosas tampoco obedece a una regla estricta en particular sino que por el contrario puede ser perenne, caduco, semipersistente. Las hojas siempre son alternas y compuestas, pinnadas o bipinnadas.

Según Porcile (2001) numerosos son los nombres vulgares que se le han atribuido, variables según las distintas regiones y culturas: aliaga, aulaga, toiso, toyo (en España), whin, gorse (en Inglaterra), ajonc (en Francia), furze (en Australia). Del mismo modo, Matthei (2001) cita una serie de denominaciones utilizadas en Chile: espinó, espinillo, yaquil, maticorena, corena, chacai.

Se trata de una mata arbustiva leñosa bianual o perenne, fijadora de nitrógeno, de hábito denso y espinoso, ramaje tupido y altura comprendida entre 1 y 6 metros. Este hábito de crecimiento sumado a una prolífica producción de semillas longevas y duras (existen registros de persistencia en el suelo que datan de 30 a 50 años), trae como consecuencia que pueda competir exitosamente con pasturas y demás cultivos de interés (Holm *et al.*, 1997).

#### 2.1.1 Hojas

Con respecto a su descripción morfológica se trata de un arbusto muy espinoso que en nuestro país no suele superar los 3 metros de altura. Presenta numerosas ramillas punzantes con hojas pequeñas y alargadas que terminan en espinas (Porcile, 2001). Las hojas adultas se encuentran reducidas a espinas aplanadas dorsalmente, simples, alternas, duras, espinosas o aciculares, más angostas y puntiagudas que las hojas juveniles, y miden 2,5 cm de longitud (Holm *et al.*, 1997).

Las hojas juveniles son trifoliadas (eventualmente pueden presentar 1 o 2 foliolos), pudiéndose apreciar únicamente en los plantines pequeños originados de semilla (hasta 10-15 cm de altura) y en aquellas plantas que crecen en suelos con exceso de humedad (Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989).

### 2.1.2 Tronco y ramas

El tronco es leñoso y de color marrón en la madurez, piloso, con numerosas y grandes espinas modificadas en ramas primarias. Las ramas son cortas, fornidas, densamente empaquetadas y superficialmente parecen no tener hojas, volviéndose marrones conforme avanza su edad. Pueden tener espinas primarias, secundarias y terciarias. Su naturaleza espinosa se debe al gran desarrollo de las espinas creciendo en las axilas de las hojas (Holm *et al.*, 1997; Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989).

La heterogeneidad espacial vertical de la biomasa en plantas adultas de *Ulex europaeus* se caracteriza por la presencia de distintos tipos de ramas y un gradiente hídrico decreciente desde el ápice hacia la base (Forgeard *et al.*, 1975; Basanta, 1984, cit. por Hely & Forgeard, 1998).

Se han realizado estudios muy interesantes referentes a la repartición vertical promedio de la biomasa vegetal en plantas adultas de tojo. En ellos se pone énfasis en la proporción y ubicación de partes verdes, secas y lignificadas, considerando tres grandes sectores verticales en las plantas referidas: ápice, centro y base (Hely & Forgeard, 1998). Uno de ellos fue llevado a cabo por Forgeard (1987), quien estableció en ese entonces tasas de acumulación de biomasa aérea de 40 toneladas métricas/ ha., en el caso de poblaciones de tojo de treinta años de edad, dos metros de altura en promedio y densidades de 4 a 5 individuos/ metro cuadrado.

Las partes verdes representan un bajo porcentaje de ramas espinosas jóvenes menores a dos años de edad, destacándose como característica fundamental su escasa inflamabilidad (Forgeard *et al.*, 1991; Hely, 1994, cit. por Hely & Forgeard, 1998). Dicha biomasa verde presenta una clara predominancia en la porción apical, desapareciendo totalmente hacia la base de las plantas.

Las partes lignificadas representan un alto porcentaje de material vegetal poco a medianamente inflamable. Investigaciones realizadas por Hely & Forgeard (1998) demostraron que la porción lignificada de las plantas presenta un claro predominio en la parte basal y central de las mismas.

Las partes secas representan un porcentaje variable de material vegetal resultante de la pérdida de hojas espinosas de las ramas verdes. Dicho material muerto y suspendido es muy inflamable, jugando un rol de nexo muy importante entre el material

orgánico del suelo y el ápice de las plantas (Forgeard, 1987; Hely, 1994; Trabaud, 1976, cit. por Hely & Forgeard, 1998). Con respecto a su ubicación, se distribuyen en los estratos intermedios, siendo prácticamente inexistente en los estratos basales.

El D.A.M.A (Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Colombia, 2002), define al tojo como una especie heliófila, porque las ramas y hojas más bajas mueren bajo la sombra de las jóvenes más altas.

Clément & Touffet (1982, cit. por Hely & Forgeard, 1998) propusieron que la biomasa aérea del tojal constituye el elemento que influye más intensamente en la propagación del fuego. Por ello, se lo describe como una especie acumuladora de necromasa inflamable en pie, refiriéndose a la existencia de ramas y follaje seco en la planta. La misma tiende a aumentar conforme avanza la edad de la masa arbustiva considerada. (D.A.M.A, 2002).

Para Hely & Forgeard (1998) dichas categorías de material vegetal muestran alteraciones en su contenido de humedad a lo largo del año, variables según el tipo de rama considerada: lignificadas, secas o verdes. Las ramas más lignificadas y viejas situadas en la parte inferior de las plantas presentan un contenido de humedad inferior al 100%, fluctuando relativamente poco a lo largo del año. Las ramas más verdes y nuevas ubicadas en el ápice de las plantas poseen un contenido de humedad superior al 100%, con fluctuaciones importantes según el mes del año considerado debido a las distintas etapas de su desarrollo fenológico. Los tenores máximos (260%) se logran en mayo (hemisferio norte) pero disminuyen rápidamente de 170 a 120% conforme avanza el crecimiento de las ramas verdes y se aproxima su lignificación.

De esta manera se deduce que las plantas de tojo poseen un gradiente de humedad interno decreciente desde el ápice (donde se concentran las ramas verdes) hacia la base (constituida por las ramas lignificadas). Cualquiera sea la época del año considerada, los estratos apicales son más ricos en agua que los estratos basales (Hely & Forgeard, 1998).

### 2.1.3 Flores

Las flores son de un color amarillo vistoso, fragantes, atractivas, papilionadas (presentan forma de mariposa), ubicadas en las axilas de las hojas y ramillas terminales, formando agrupaciones entre uno y tres (Matthei, 2001; Holm *et al.*, 1997).

También poseen una serie de elementos que se detallan a continuación (Grela, 1999 com. per.):

- existencia de carácter hermafrodita (los dos sexos se ubican en la misma flor).
- son periantadas (porque tienen cáliz y corola).
- presencia de ovario súpero (se ubica por encima de la inserción de los estambres, pétalos y sépalos) y campilótropo (el embrión es curvo, en forma de riñón).
- pueden ser solitarias o racimosas, formando en este último caso agrupaciones entre uno y tres (Matthei, 2001).
- prefloración imbricada (los pétalos están superpuestos, hay un pétalo por encima y uno o dos por adentro).

Presentan brácteas de 1-2,5 mm de largo y bractéolas pubescentes de 2-3 mm de largo por 2,5-3 mm de ancho (Matthei, 2001). Los sépalos miden de 0,75 a 1,25 cm de longitud, son amarillos y densamente pilosos, encontrándose profundamente divididos en dos labios; el labio superior presenta dos dientes mientras que el inferior consta de tres (Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989).

La corola (de 1,5 a 1,8 cm de longitud) presenta un pétalo más grande y ovalado denominado estandarte, dos pétalos más pequeños que lo rodean llamados alas y un último pétalo que se ubica por encima del estandarte llamado quilla, siendo este último de menor longitud que las alas (Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989).

El androceo (aparato reproductor masculino) se compone de diez estambres en total, nueve soldados y uno libre.

#### 2.1.4 Frutos

Los frutos consisten en vainas o legumbres secas, dehiscentes, pilosas, pequeñas (de 1 a 2 cm de longitud por 0,5 cm de ancho), unicarpelares, uniloculares y multiseminadas (contienen en su interior 2 a 6 semillas pequeñas de 3 mm de longitud). Las cápsulas son verdes cuando están inmaduras pero se tornan de color negro-grisáceo una vez que alcanzan la madurez, presentando una forma oblonga a levemente recta, curva en el ápice (Porcile, 2001; Matthei, 2001; Holm *et al.*, 1997).

Una vez que los frutos llegan a su madurez es posible apreciar simultáneamente pequeñas explosiones constantes e intermitentes, las cuales son atribuidas a las semillas que se dispersan rápidamente una vez que se da la apertura o dehiscencia de las legumbres (Romero, 2002 com. per.).

### 2.1.5 Semillas

Las semillas son de aproximadamente 2,5 milímetros, redondeadas en un extremo, anchas y con una incisión superficial en la otra extremidad, por encima de la cual resalta un apéndice o arilo de color amarillento. Se caracterizan por presentar una superficie lisa, suave, uniforme, dura, impermeable y brillante, con una gama de colores variables intermedios entre el verde oliva y el amarronado (Holm *et al.*, 1997; Porcile, 2001).

Con respecto a la coloración de las semillas, Romero (2002 com. per.) considera que una de las características más importantes de las leguminosas, es que aún estando maduras por completo, las semillas pueden presentar variaciones de colores significativas.

Hoshovsky (1989) describe al tojo como una especie productora de una abundante cantidad de semillas, de alta viabilidad en el tiempo y sumamente tolerantes a temperaturas elevadas.

### 2.1.6 Sistema radicular

El sistema radicular del tojo es fibroso, postrado, superficial y poco profundo, ubicándose en la capa superior del suelo (Holm *et al.*, 1997).

Según observaciones realizadas por Porcile (2001), en algunas plantas extraídas al azar en el paraje Cuchilla de los Píriz (Rocha) se verificó la presencia de una importante población de nódulos, lo cual pone de manifiesto su función fijadora de nitrógeno.

En muchos casos de plantas creciendo sobre sustratos heterogéneos, gujarros, guijos, estas pueden emitir ramas horizontales que se arrastran o deslizan bajo de la superficie del suelo, produciendo raíces de 5 cm que sostienen nódulos radiculares fijadores de nitrógeno. Dichos nódulos presentan una vida longeva en comparación con otras especies, siendo requisito fundamental para su sobrevivencia la presencia de condiciones aeróbicas. Es por ello que las bacterias fijadoras de nitrógeno son inhibidas por completo cuando el suelo presenta condiciones de humedad excesiva (Egunjobi, 1969b, cit. por Hoshovsky, 1989). Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989) establece que en situaciones de esta naturaleza las raíces tienden a ubicarse en los primeros cm del suelo, siendo la raíz principal la única en permanecer extendida a grandes profundidades. También existen raíces laterales complementadas por una delgada mata de raíces adventicias que descienden de las ramas más bajas (Chater, 1931; MacCarter & Gaynor, 1980, cit. por Hoshovsky, 1989).

## 2.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El tojo es una especie originaria de Europa Central y Occidental (Portugal, Islas Británicas hasta Dinamarca y Escandinavia, Italia, Córcega y Balcanes) y norte de Africa (Argelia). También es muy común en España donde se describen unas 14 especies (Vicioso, 1962, cit. por Porcile, 2001).

### 2.2.1 Distribución mundial

En el siguiente párrafo, todos los autores enunciados han sido citados por Hoshovsky (1989) o Porcile (2001).

Con respecto a su distribución mundial, fuera de su área de distribución original se encuentra presente en Australia, Tasmania y Nueva Zelanda (Richardson, 1993; Moss, 1978), costas de Alemania, Francia (Rymer, 1979), este de Gran Bretaña (Buckman, 1855), Sudáfrica (Henderson, 1994), Argentina (Marzocca, 1976), Chile (Clos en Gay, 1847), Islas Hawaianas (Amme, 1983), Costa Rica (D'Arcy, 1980), Uruguay (Lombardo, 1979). En Norte América se ha establecido a lo largo de la Costa Atlántica desde Virginia a Massachusetts (Amme, 1983).

Otros autores como Holm *et al.* (1997) concuerdan que también ha sido reportado como una maleza en climas muy cálidos de países como Nueva Guinea, Sri Lanka y Trinidad, pero generalmente logra su confort térmico en las zonas templadas de ambos hemisferios, mostrando una clara preferencia por aquellos lugares protegidos de los vientos fríos.

Existe poca información publicada referente a la introducción del tojo en la costa este de Estados Unidos. Todo indica que semillas de Irlanda fueron traídas a Oregon en 1894 (Hill, 1955, cit. por Holm *et al.*, 1997). Posteriormente, en 1912 unas pocas plantas fueron llevadas a California. En 1950, se encontraba ampliamente esparcido en el Este de Washington y Oregon así como en el norte de California, cubriendo más de 15000 acres en este último sitio (Prior *et al.*, 1952, cit. por Holm *et al.*, 1997).

Uno de los factores más importantes que condiciona primariamente su distribución geográfica es la temperatura. Actualmente se sabe que no tolera temperaturas extremas de frío y calor en regiones continentales, pero hay reportes ocasionales de que ha sobrevivido a heladas severas en algunos sitios (Zabkiewicz, 1976, cit. por Hoshovsky, 1989). Durante algunos inviernos críticos, en Gran Bretaña, se han reportado daños importantes y muerte en masa de plantas de tojo. En el invierno de 1962-63 más del 50% de las plantas de las tierras bajas de Gales sucumbieron ante las bajas temperaturas y se congelaron hasta alcanzar la temperatura del suelo (Rymer, 1979, cit. por Holm *et al.*, 1997).

En lo referente a su hábitat, tampoco se encuentra a grandes alturas y es incapaz de sobrevivir en sitios muy áridos, prosperando con tasas de crecimiento aceleradas en áreas que presentan un rango de precipitaciones de medio a alto, por lo tanto su crecimiento es óptimo en aquellas localidades y suelos no deficitarios desde el punto de vista hídrico (Holm *et al.*, 1997). Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989) destaca la preferencia de la especie por aquellos hábitats protegidos de los vientos fríos. El crecimiento se deprime durante el verano (debido al estrés hídrico) y en invierno, debido al acortamiento de los días y el descenso de temperatura a nivel del suelo (MacAllen, 1990, cit. por Caggon, 2000).

Si bien muestra absoluta preferencia por hábitats frescos y húmedos, presenta una serie de características que le permiten colonizar también regiones secas, áridas, muy soleadas, ventosas y expuestas. Estas características incluyen: hojas espinosas cubiertas por espesas cutículas, tallos pilosos y acanalados, raíces voluminosas en plantas jóvenes que le permiten extraer agua cuando esta escasea a la vez que le sirve de anclaje en sitios ventosos y expuestos (Mac Bean, 1990, cit. por Caggon, 2000).

Con respecto a los perjuicios que ocasiona, el principal inconveniente que presenta *Ulex europaeus* es la habilidad de colonizar suelos de aptitud agrícola, ganadera y/o forestal, compitiendo por el uso de agua, luz, nutrientes y espacio con muchas especies de interés comercial que constituyen el sustento económico-productivo de la agropecuaria mundial.

De ahí surge su categorización de maleza que la ha llevado a ser catalogada como la menos estudiada y más inmanejable especie exótica presente en el territorio de California, EEUU (Reid, 1985, cit. por Hoshovsky, 1989).

Es considerada una maleza seria de las pasturas montañosas de Hawai, bosques y colinas de Nueva Zelanda, abarcando un total de 1,5 millones de acres potencialmente productivos. Es la principal maleza de pasturas de Australia, Brasil, Chile y Nueva Zelanda. También es una maleza en los bosques de Escocia, España y en las pasturas de Italia, Inglaterra, Alemania e India (Ivens, 1979, cit. por Holm *et al.*, 1997).

En Gran Bretaña ha sido reportada como una maleza agrícola desde hace más de 125 años (Buckman, 1855, cit. por Holm *et al.*, 1997).

Se trata de una especie que si bien puede resultar lenta en establecerse y propagarse, una vez que toma posesión de un dominio, existen muy pocas otras especies que la desplacen completamente de un área determinada (Hill, 1955; Anonymus, 1974, cit. por Hoshovsky, 1989).

Por otra parte, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, conjuntamente con su alta capacidad de floración, fructificación y producción de semillas longevas y muy

tolerantes a temperaturas elevadas, sumado ello a la posibilidad de regenerarse también a partir de rebrote de tallos o raíces en áreas alteradas luego de quemas o tratamientos mecánicos, trae como consecuencia la existencia de un comportamiento típicamente invasor que ha llevado a un incremento importante de la superficie afectada, siendo actualmente una maleza en más de treinta países dispersos por todo el mundo (Hoshovsky, 1989; Holm *et al.*, 1997).

En Chile, Reiche (1897, cit. por Matthei, 2001) la señala, como “una maleza tan común como molesta, observada en las provincias de Valparaíso (Concón), Concepción, Valdivia y Llanquihue”. El proceso de pérdida de la superficie cultivable ocasionado por la diseminación creciente del tojo en la región de Chiloé, constituye un elemento más de presión sobre el bosque nativo porque obliga a los campesinos a utilizar la superficie cubierta por el bosque (Anónimo, s.f.).

## 2.3 SITUACIÓN NACIONAL

Esta maleza europea fue introducida en el Uruguay a fines de la década del sesenta como una especie que presentaba un alto valor ornamental debido a la elegancia de su flores amarillas (Graf, 2002 com. per.).

Sin embargo en 1875, en la Revista de la Asociación Rural se informa sobre la llegada desde Francia de “semillas de la planta conocida como ajonc”, pero dado que dicha fuente no utiliza el nombre científico de la especie es posible plantear la duda de si se refiere o no a *Ulex europæus* L. (Porcile, 2001).

Investigaciones realizadas por Morey *et al.* (1992, cit. por Porcile, 2001) sostienen que en el Uruguay ha sido registrada por observaciones complementarias a las prospecciones fitosanitarias a principios de 1990, encontrándose asociada (hasta finales del año 2000) a plantaciones forestales ubicadas en los departamentos de Canelones, Cerro Largo, Colonia, Florida, Lavalleja, Maldonado, Montevideo, Rivera, Rocha, San José, Soriano, Tacuarembó, Treinta y Tres.

No obstante haber sido detectada en trece departamentos del país (Cuadro 1), es probable que se encuentre distribuida en todo el territorio nacional (Porcile, 2002, com. per.).

**Cuadro N° 1.** Sitios de ocurrencia de *Ulex europaeus L.* asociados al tipo de suelo (detecciones entre 1985 y 2001).

<b>DEPARTAMENTO.</b>	<b>LOCALIDAD.</b>
COLONIA	Minuano próximo R-1
SAN JOSE	Mal Abrigo
SAN JOSE	Ruta 1, Km 32
CANELONES	Brio. Jaureguiberry
CANELONES	Toledo: Rutas 4-6-33
CANELONES	Pinar: Ruta 1, Km 28
MONTEVIDEO	Parque Virgilio.
MONTEVIDEO	Ruta 5, Km 12
FLORIDA	Ruta 5 y vía ferroviaria
FLORIDA	Próximo a Cardal.
FLORIDA	Battle y Ordóñez.
TACUAREMBO	Batoví: Ruta 5
RIVERA	Vichadero: Ruta 6
CERRO LARGO	C°P° Centurión R 26
CERRO LARGO	Arbolito
LAVALLEJA	Sierra de Sosa
LAVALLEJA	Ruta 8, Km 112
LAVALLEJA	Arroyo del Soldado.
LAVALLEJA	Minas: Ruta 8
LAVALLEJA	Minas: Ruta 60
MALDONADO	Ruta 12 y A° Sarandí
MALDONADO	Prox. El Jagüel
ROCHA	Ciudad: Vía ferroviaria
ROCHA	Castillos: R16 y R 9
ROCHA	Valizas: Ruta 10
ROCHA	Canal Andreoni.
ROCHA	India Muerta
ROCHA	Ruta 15 Km 34,5 al W
ROCHA	C° Sierra de Rocha
ROCHA	Cuchilla de la Carbonera

Fuente: (Porcile, 2001).

Si bien también se tienen registros de la presencia de *Ulex europaeus* en los departamentos de Soriano y Treinta y Tres, no se tienen datos concretos referentes a los sitios precisos de ocurrencia.

De esta forma se constató que su presencia se encontraba principalmente (por lo menos hasta el año 2001) al sur del río Negro, siendo los departamentos con mayor cantidad de focos o lugares de ocurrencia: Rocha, Canelones y Maldonado. Hacia el norte del río Negro, hasta finales del año 2001, sólo había sido localizada en los departamentos de Tacuarembó y Rivera.

Rocha es uno de los departamentos que ha sido definido por algunos técnicos como la "cuna del tojo", sobretodo a lo largo de la Sierra de la Carbonera que une Velásquez con Castillos (Porcile, 2001). Asimismo se encuentra colonizando ambos márgenes del canal Andreoni, debido a los movimientos de tierra realizados para la restauración de los taludes (ésta es una clara evidencia donde se constata que determinadas prácticas mecánicas realizadas sin un minucioso análisis previo podrían promover una rápida colonización y/o propagación del tojo en áreas indeseadas desde el punto de vista productivo).

En lo que se refiere a plantaciones forestales propiamente dichas, Chiara y Graf (2001 com. per.) insisten en que la principal problemática que presenta el tojo en nuestro país, no constituye la competencia con los árboles restándole capacidad de crecimiento, sino que obedece a un encarecimiento importante de los costos de cosecha dado que el acceso al monte se hace prácticamente imposible, provocando el rechazo de las cuadrillas encargadas de las tareas de cosecha. Por esta razón, previamente a la tala de los árboles se debe realizar una limpieza exhaustiva del sotobosque del monte para que las matas espinosas no interfieran con las labores de cosecha.

Por ello, en la medida que los operarios realizan su función de manera más cómoda y sencilla se reducen en consecuencia los riesgos de accidentes laborales y las pérdidas de madera por tala inapropiada.

Taylor (2000) al referirse al tema, manifiesta que tanto las plantas adultas como las semillas de tojo compiten ventajosamente con las plantas jóvenes de eucalypto por la luz, nutrientes y espacio físico del suelo.

En los últimos años, se ha detectado su presencia en algunas plantaciones de *Eucalyptus globulus* del sureste del país.

Otro inconveniente serio, de muy difícil solución, es el alto riesgo de incendios que presenta (Chiara; Graf, 2001 com per.).

Asimismo, quemas intencionales realizadas por cazadores furtivos para facilitar su acceso al refugio de algunos animales nativos hacen más compleja aún esta situación (González, 2002 com. per.).

Según Porcile (2001) es frecuente encontrarla colonizando los caminos vecinales, caminos perimetrales y claros de los bosques plantados, como es el caso de Lavalleya (próximo a Minas) y Maldonado (alrededores de "El Jagüel"), aumentando seriamente los riesgos de incendio de la masa vegetal existente en la zona (monte nativo, bosques implantados, pradera natural entre otros).

Simultáneamente a los perjuicios enunciados, la existencia de un hábito denso, tupido, espinoso y prácticamente impenetrable, lo ha llevado a convertirse en un hábitat ideal para algunas especies de animales salvajes (tales como zorros, jabalíes), que causan daños económicos muy importantes en perjuicio de algunas actividades agropecuarias (González, 2002 com. per.).

Sin embargo, al igual que otras malezas existentes en nuestro país, la presencia del tojo no solamente debe ser encarada desde un punto de vista negativo sino que paralelamente también existen quienes tratan de convivir con el problema aprovechando las ventajas de sus múltiples usos, los cuales se presentan a continuación.

Con respecto a sus usos, se considera que la principal virtud que presenta el mismo probablemente sea la protección y abrigo que brinda a las majadas durante el período post-esquila y post-parto, los cuales corresponden principalmente a las estaciones de invierno y primavera (González, 2002 com. per.)

Por otra parte, la elegancia de sus flores amarillas atrae a los insectos polinizadores a los cuales provee de néctar y polen para la elaboración de miel, razón por la cual muchos productores tratan de colocar las colmenas en sus inmediaciones, considerándolo beneficioso para el desempeño de esta actividad que ha tomado un auge creciente en los últimos años.

## 2.4 DESARROLLO DE LAS PLANTAS

### 2.4.1 Estadios de crecimiento

#### 2.4.1.1 Trifoliado

Durante su desarrollo los plantines pasan por dos estadios completamente diferenciados. El primero corresponde a un hábito arrosetado, compacto, con la presencia de hojas como únicos apéndices laterales. Las primeras hojas son compuestas,

trifoliadas (sin embargo algunas pueden presentar 1 o 2 folíolos) con pequeñas hojuelas delgadas y expandidas (Boodle, 1914, cit. por Hoshovsky *et al.*, 1989; Holm *et al.*, 1997).

#### 2.4.1.2 Espinoso

Posteriormente el tallo se extiende a medida que el meristema produce una serie de hojas simples, más pequeñas, angostas y puntiagudas como una lezna. Las espinas (ramas primarias modificadas) comienzan a desarrollarse en las axilas de las hojas simples, para luego dar lugar a la formación de espinas secundarias y terciarias (Millener, 1961, cit. por Holm *et al.*, 1997). Las hojas se vuelven más duras, espinosas, la cutícula de la hoja se ensancha mientras la superficie de la hoja produce una cera espesa (Balneaves *et al.*, 1981, cit. por Hoshovsky, 1989).

#### 2.4.2 Longevidad y tasas de crecimiento

Una vez que logran la madurez, las plantas de tojo pueden alcanzar alturas de hasta 6 metros (no obstante la mayoría de ellas no sobrepasan el metro y medio de altura) con longevidades de 30 años o más (Binet, 1958; Boodle, 1914; Skipper, 1922, cit. por Holm *et al.*, 1997). Chater (1931, cit. por Hoshovsky, 1989) sugiere que nunca crece por más de 30 años.

Lee *et al.* (1986, cit. por Holm *et al.*, 1997) estudiaron las características de crecimiento de 125 plantas de tojo por un largo período de tiempo. A los 29 años, plantas de 7 metros de altura alcanzaron un diámetro promedio de 21,7 cm (a 1 metro desde el suelo) El tallo crece a razón de 5mm/año en diámetro, mientras que la altura lo hace a tasas de 200 mm/año.

#### 2.4.3 Influencia de factores ambientales

##### 2.4.3.1 Fotoperíodo

Millener (1961, cit. por Holm *et al.*, 1997) demostró que el fotoperíodo presenta una influencia notoria en el desarrollo vegetativo temprano. Para ello realizó un experimento sometiendo un grupo de plantas a dos fotoperíodos distintos: 8 horas y 16 horas. Todas aquellas plantas que fueron sometidas a 8 horas permanecieron en el estado de roseta hasta la octava semana con nula o escasa presencia de espinas. Sin embargo, casi todas las plantas sometidas al tratamiento de 16 horas lograron una altura considerable y presencia de espinas a la sexta semana, con una clara diferenciación entre el estado juvenil y adulto a medida que transcurría la extensión del tallo. Resultados

similares fueron obtenidas por Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989), quien también concluía en ese entonces que condiciones de pocas horas de luz impiden la formación de la espina.

Se evidencia que la duración del día y temperatura constituyen un factor decisivo en su distribución latitudinal.

Investigaciones posteriores efectuadas por Millener (1962, cit. por Holm *et al.*, 1997), concluyeron que biotipos provenientes de diferente latitud tenían respuestas diferentes. Para ello colectó plantines de 16 localidades dispersas a lo largo de todo el eje norte-sur de Gran Bretaña y las sometió a un tratamiento único que consistía en hacerlas crecer en una localidad común. Una vez concluido el experimento observó que aquellas plantas provenientes de localidades de baja latitud desarrollaron pocas hojas juveniles, mientras que lo contrario se registró en las plantas originarias de latitudes más altas.

Los cambios que ocurren en el ápice del brote axilar mientras ocurre su diferenciación en una espina han sido estudiados por Bieniek y Millington (1967, cit. por Holm *et al.*, 1997). La formación de la espina se ve ligeramente retrasada con el acortamiento de los días debido a la disminución de las horas de luz. Sin embargo, una vez que el proceso comienza, no es muy afectado por la longitud del día.

#### 2.4.3.2 Intensidad de luz

Una muy baja intensidad de luz tiende a interferir con el crecimiento del renuevo y suprimen la formación de la espina, excepto situaciones con una alta humedad o un alto nivel de nitrógeno (Bieniek y Millington, 1967, cit. por Holm *et al.*, 1997).

#### 2.4.3.3 Agua

Según Holm *et al.* (1997), el mecanismo bacteriano fijador de nitrógeno de los nódulos se deprime marcadamente bajo condiciones de humedad extrema o inundaciones, siendo requisito fundamental para su sobrevivencia la existencia de condiciones aeróbicas, coincidiendo totalmente con lo reportado por Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989).

Con respecto a la topografía se ha observado que la especie se encuentra principalmente en zonas de ladera media (bien drenadas) disminuyendo drásticamente hasta el límite de su desaparición total en zonas bajas y húmedas que presentan problemas de anegamiento. Los escasos ejemplares de tojo que se observan en ambientes anegados y húmedos tratan de localizarse en alguna microelevación (por ejemplo hormigueros empastados, pequeños pedregales) observándose como característica principal la ausencia de nodulación en estos casos y una floración muy

abundante y concentrada que posiblemente sea utilizada como estrategia de sobrevivencia ante esta situación de estrés (Chiara; Graf, 2002, com. per.).

De acuerdo con Boyd (1984, cit. por Hoshovsky, 1989), el tojo crece donde la napa freática está muy alta, aunque Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989) afirma que lo hace mejor en aquellos sitios donde existe un buen drenaje.

En lo que respecta a la exposición, Birdling (1952, cit. por Hoshovsky, 1989) señala que el crecimiento se ve más favorecido en las pendientes sombreadas que en las soleadas. Esto posiblemente pueda ser debido al crecimiento óptimo que se logra cuando existe un adecuado contenido de humedad en el suelo (Dancer *et al.*, 1977, cit. por Hoshovsky, 1989).

#### 2.4.3.4 Defoliación

Rolston y Sineiro- García (1974, cit. por Holm *et al.*, 1997), estudiaron el efecto de la defoliación y su interacción con el sombreado, considerando niveles de luz que oscilaban entre 20 y 80%. En todos los casos, la remoción de hojas y cotiledones reducen el crecimiento pero las plantas logran sobrevivir. No obstante, cuando las hojas eran extraídas del punto de crecimiento las plantas perecían. Las plantas responden a la remoción de las hojas adoptando un hábito postrado. El sombreado, ya sea con o sin defoliación, reduce y retrasa la formación de la espina pero no causa la muerte de los plantines.

#### 2.4.3.5 Sombreado

En lo referente a la tolerancia de plantas adultas, Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989) establece que se trata de individuos muy tolerantes que presentan un requerimiento de luz relativamente bajo, motivo por el cual el sombreado de otras especies adyacentes posee un efecto reducido en la floración y semillazón. Contrariamente, Amme (1983, citado por Hoshovsky, 1989), menciona que el tojo es relativamente intolerante al sombreado intenso, produciendo follaje escaso, ralo y presencia de escasas flores. Hackwell (1980, cit. por Hoshovsky, 1989) concuerda totalmente con este último, describiendo al tojo como una planta pionera en la colonización, totalmente demandante de luz, que crece mejor en sitios no sombreados. A similar conclusión arriba Porcile (2001), quien establece que el tojo requiere luz plena para su desarrollo.

Salisbury (1929, cit. por Holm *et al.*, 1997), señala una observación interesante referida a la competencia entre tojo y *Pteridium aquilinum*. El sombreado temprano provocado por el segundo, ocasionalmente asistido por la quema, potencian (en algunos casos) la dominancia de esta especie que reducen en forma increíble la biomasa del tojo.

Bajo competencia, en muchas situaciones el tojo desarrolla un hábito de crecimiento más extendido desde las yemas basales durmientes. Se sabe actualmente que algunos plantines pueden atravesar el canopy del pasto, se ensanchan y comienzan a sombrear la pastura.

#### 2.4.3.6 Suelos

El rango de pH más confortable para las bacterias fijadoras de nitrógeno que se ubican en los nódulos está comprendido entre 4 y 5 (Hartley *et al.*, 1982; Thompson, 1974, cit. por Holm *et al.*, 1997). Meeklah (1979, cit. por Hoshovsky, 1989), coincide completamente, confirmando que el crecimiento óptimo de las plantas también se da dentro de este intervalo de pH. Según Hill (1949, citado por Hoshovsky, 1989), es más tolerante a la acidez del suelo que otras leguminosas.

En cuanto a sus requerimientos edafológicos, la presencia del tojo está asociada a la existencia de suelos pobres, más bien secos y de escasa fertilidad, prosperando sin inconveniente alguno incluso en suelos arenosos o pedregosos empobrecidos.

También invade suelos sobrepastoreados, dunas arenosas y tierras que han sido quemadas reiteradamente (Hill, 1955; Moss, 1978, cit. por Hoshovsky, 1989). Según Matthei (2001), en suelos arcillosos, pobres y degradados, ya sea por excesivo pastoreo o monocultivo, encuentra las condiciones ideales para su desarrollo formando matorrales densos e impenetrables.

Raramente, también ha sido encontrada en Inglaterra en suelos con alto contenido de calcio (Chater, 1931, cit. por Hoshovsky, 1989). En Nueva Zelanda invade pasturas de baja fertilidad donde el contenido de materia orgánica de los suelos es inferior al 4% (Matthews, 1982, cit. por Hoshovsky, 1989). Rosengurt (1977, cit. por Porcile, 2001), la califica como una maleza de campo sucio, seco y con alto nivel de calcio.

Holm *et al.* (1997) destacan que no está confinada a un tipo de suelo particular, razón por la cual puede ser observada ya sea en suelos de textura liviana como en suelos de textura pesada.

Las únicas restricciones con respecto a la calidad del suelo parece ser una adecuada nutrición y disponibilidad de los elementos traza (Meeklah, 1979, cit. por Hoshovsky, 1989). Si bien sus requerimientos nutricionales son considerados bajos, puede sufrir de una deficiencia de boro o magnesio. La falta de boro se manifiesta por un amarillamiento de la extremidad de las espigas y follaje, lento crecimiento y maduración diferida (Zabkiewicz, 1976, cit. por Hoshovsky, 1989).

Thompson (1974, cit. por Holm *et al.*, 1997) en Nueva Zelanda, encontró que en áreas infestadas de tojo donde el césped era mantenido corto, el trébol blanco era un mejor competidor que el raigrás. Los plantines y plantas juveniles de tojo responden fuertemente al agregado de fósforo y menos al potasio, mientras agregados de nitrógeno y calcio retardan el crecimiento de los plantines. Sin embargo el tojal adulto establecido responde satisfactoriamente al agregado de nitrógeno.

#### 2.4.3.7 Fuego

Para Porcile (2001 com. per.) los escasos estudios realizados hasta el momento han revelado que la utilización del fuego como medida de control aislada tampoco ha demostrado ser una solución eficaz al problema del tojo, porque si bien se destruye la mayor parte de la biomasa aérea del tojal adulto, no logramos controlar dicha maleza debido a que aparecen tres nuevos inconvenientes que son los siguientes:

- \* activación de yemas epicórmicas de plantas madres que fueron quemadas porque el fuego no mata dichas yemas ubicadas en la parte basal del arbusto (Porcile, 2001).
- \* activación del banco de semillas por efecto directo del calor (tema que será tratado en el capítulo de semillas).
- \* Taylor (2000) destaca que si bien el fuego destruye el canopy provocando un shock a las plantas, en la mayoría de los casos éstas rebrotan porque no mata las raíces.

Otros autores como es el caso de Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989), aseguran que fuegos reiterados reducen el nitrógeno disponible y prolongan la permanencia del tojo en la sucesión en cualquier área (MacCarter & Gaynor, 1980, cit. por Hoshovsky, 1989).

La quema probablemente sea el método más adecuado para la remoción o eliminación temporaria de plantas adultas. Amme (1983, cit. por Holm *et al.*, 1997), encontró que solamente el 24 % de las plantas pereció por acción del fuego un año después de realizar la quema. De las plantas sobrevivientes, 21% incrementaron su altura y 27% crecieron hasta alcanzar la misma altura que presentaban previamente a la quema. Balero y Gándara (2004), al realizar la evaluación postquema de otoño un mes luego de efectuada la misma, verifican un porcentaje promedio de rebrote del 9%. De haber continuado las observaciones en el tiempo, es posible que el porcentaje de rebrote hubiera aumentado. Todas las plantas observadas comenzaban a rebrotar desde su base hacia la parte superior.

No obstante existe una polémica acerca de su efectividad en el control del tojo desde que investigadores neocelandeses observaron que luego de su aplicación ciertas

especies nativas invadían y competían exitosamente con éste en tierras no alteradas (Hoshovsky, 1989).

Según Salisbury (1929, cit. por Holm *et al.*, 1997), el daño causado por un fuego intenso puede dañar severamente las plantas de tojo hasta el extremo de requerirse muchos años antes de tornarse competitivo nuevamente.

Finalmente, si bien la quema como medida de control aislada no resulta ser realmente efectiva en el control del tojo, algunos autores coinciden en afirmar que de todas maneras logramos tres efectos importantes que merecen ser destacados:

- \* eliminación de la biomasa aérea de las plantas adultas que constituyen fuentes productoras y diseminadoras de semillas para predios linderos aún no contaminados.
- \* agotamiento progresivo del banco de semillas existente en el suelo (Amme, 1983, cit. por Hoshovsky, 1989; Romero, 2002 com. per.).
- \* posibilidad de realizar un tratamiento complementario una vez que se de la regeneración natural explosiva de plantines (Hoshovsky, 1989; Porcile, 2002 com. per.).

#### 2.4.4 Floración y fructificación

Con respecto a la floración cabe destacar que es bastante variable según las condiciones ecológicas del sitio considerado, raramente uniforme y muy dilatada en el tiempo (Holm *et al.*, 1997). Las opiniones son muy variadas según los autores considerados (McMinn, 1951; Hitchcock *et al.*, 1961; Muñoz *et al.*, 1973; Rudolf, 1974, cit. por Hoshovsky, 1989), pero en términos generales ocurre entre fines de invierno y principios de otoño. En el hemisferio sur el principal período de floración se extiende entre agosto y octubre (primavera), observándose algunas flores de marzo a mayo (otoño). Sin embargo en algunas áreas es frecuente observar flores durante toda la estación de crecimiento (Holm *et al.*, 1997).

Una de sus características biológicas principales es que presenta una floración indefinida (no concentrada) que si bien ocurre principalmente en invierno es factible encontrar flores en cualquier época del año (Porcile, 2001).

Luego de alteraciones provocadas por el hombre (tales como la quema, remoción mecánica) los pequeños plantines emergentes requieren un período de 18 meses o más para llegar a su primera floración (Parsons, 1958, cit. por Holm *et al.*, 1997). Los individuos originados por rebrote de tallos florecen luego de dos años de edad o más. La polinización es realizada por abejas y otros insectos voladores.

Con respecto al rebrote de raíces, trozos de un año de edad pueden florecer en seis meses. Luego de la caída de los pétalos las semillas maduran rápidamente (Holm *et al.*, 1997)

Con respecto al fotoperíodo, si bien algunos autores como Holm *et al.* (1997), afirman que *Ulex europaeus* es una planta de día neutro con respecto a la floración, Zabkiewicz (1976, cit. por Hoshovsky, 1989) establece que condiciones de pocas horas de luz inhibirían la ocurrencia de la misma. Este es el motivo por el cual muchos coinciden que la longitud del día influye en gran medida en su distribución latitudinal.

## 2.5 SEMILLAS

### 2.5.1 Importancia en la propagación

Holm *et al.* (1997) consideran que la modalidad de reproducción más difundida que presenta *Ulex europaeus* como estrategia de sobrevivencia es a partir de semillas, porque aún cuando el rebrote de troncos y raíces alteradas (propagación vegetativa) es perfectamente posible, esto raramente ocurre (Mac Bean, 1990, cit por Caggon, 2000).

Dicha modalidad reproductiva es la más importante y la de más difícil control (Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989). De ahí que muchos investigadores aseguren que los esfuerzos de manejo realizados hasta el momento están aún muy lejos de ser exitosos debido a la alta longevidad de las semillas (Hoshovsky, 1989).

El rebrote de tallos o raíces es posible sólo si el fuego no es muy intenso mientras que la reproducción a partir de semillas también puede darse aún cuando la intensidad del fuego sea mayor (Chater, 1931, cit. por Hoshovsky, 1989).

### 2.5.2 Dispersión

#### 2.5.2.1 Apertura de la vaina

La dispersión primaria de las semillas es provocada por su expulsión desde la vaina respectiva, una vez que se da la apertura o dehiscencia de la misma (Moss, 1959, cit. por Hoshovsky, 1989).

Existen reportes de expulsión de semillas a cinco metros de distancia de las vainas abiertas, pero dado que las semillas son pesadas generalmente caen próximas a las plantas madre. Investigaciones realizadas por Moss (1978, cit. por Hoshovsky, 1989) indican que en la mayoría de los casos las semillas aterrizan a menos de dos metros de

distancia de sus respectivas plantas parentales. Por esta razón se descarta la utilidad del viento como elemento dispersor de semillas de tojo. Sin embargo, en Gran Bretaña, muchas semillas han sido encontradas a más de cinco metros, una distancia demasiado grande para ser atribuida al impulso provocado por la dehiscencia de la vaina (Moss, 1978; Chater, 1931, cit. por Hoshovsky, 1989).

#### 2.5.2.2 Corrientes fluviales

En el caso de plantas de tojo creciendo paralelas a cursos de agua, muchas semillas son transportadas grandes distancias a través de las corrientes fluviales (ríos, arroyos, cañadas), las cuales siembran las semillas a lo largo de todo su recorrido modificando la composición florística y estructura de clases de la vegetación nativa original (Hill, 1949, cit. por Hoshovsky, 1989).

#### 2.5.2.3 Material edáfico empleado en construcción

La utilización de materiales edáficos contaminado con semillas de tojo, destinado a construcción y mantenimiento de carreteras y caminería rural, contribuye a la diseminación del mismo (Holm, *et al.*, 1997; Porcile, 2001.).

#### 2.5.2.4 Fango o lodo existente en el suelo

Otras posibles causas de dispersión de semillas podría ser atribuida al fango o lodo, que en caso de presentar semillas de tojo oficia de pegamento, adhiriendo las mismas a los vehículos de transporte, maquinaria agrícola, bienes semovientes, calzado humano (Hoshovsky, 1989).

#### 2.5.2.5 Aves y hormigas

La acción diseminadora de los pájaros es controversial debido en parte a que los investigadores probablemente no hayan estudiado las mismas especies. La presencia de plantas de tojo debajo de los árboles y postes de cercas es evidencia de la deposición de semillas por acción de los pájaros (Ridley, 1930, cit. por Holm *et al.*, 1997).

Observaciones muy interesantes realizadas por Chater (1931, cit. por Hoshovsky, 1989), revelan una colecta de semillas muy activa realizada por una especie de codorniz en Nueva Zelanda, originalmente nativa de California. Idéntica situación sucede con una especie de hormiga denominada *Formica rubra*, la cual almacena semillas de tojo en su hormiguero.

### 2.5.2.6 Vehículos de transporte y maquinaria agrícola

Acciones antrópicas tales como el uso de herramientas y maquinarias que por descuido conservan semillas de malezas, así como también el tránsito frecuente de vehículos por zonas contaminadas, contribuyen con la diseminación de esta maleza.

### 2.5.3 Densidad

En el noroeste de España (Galicia), Puentes *et al.* (1988, cit. por Holm *et al.*, 1997), estudió el banco de semillas del suelo en dos áreas diferentes, encontrando densidades variables de 645 y 1045 semillas por metro cuadrado. Todas las semillas se encontraban en los primeros 5 cm del suelo, siendo viables en el 95% de los casos. Millener (1961, cit. por Holm *et al.*, 1997), encontró, en Nueva Zelanda, densidades de 10000 semillas por metro cuadrado. Parsons (1973, citado por Holm *et al.*, 1997) estimó una producción de semillas superior a 35 millones/ ha /año, lo cual equivale a 3500 semillas por metro cuadrado producidas durante el transcurso de un año.

Dado el escaso tamaño de las semillas, investigaciones realizadas por Rudolf (1974, cit. por Hoshovsky, 1989) promediaron un total de 150000 semillas/kg, producidas a razón de 500-600 semillas por metro cuadrado, con recuentos máximos que alcanzaron 20000 semillas por metro cuadrado en los primeros 2,5 cm del suelo (Zabkiewicz *et al.*, 1978; Hartley *et al.*, 1980, cit. por Hoshovsky, 1989).

### 2.5.4 Latencia y longevidad.

Existen dos períodos de producción de semilla a lo largo del año. Las semillas presentan una cubierta o envoltura dura e impermeable que aumenta la longevidad de las mismas en forma considerable (pueden persistir en el suelo entre 1 y 50 años) e impide su germinación inmediata (MacCarter *et al.*, 1980, cit. por Hoshovsky, 1989). Según Zabkiewicz (1976, citado por Hoshovsky, 1989), pueden permanecer viables en el suelo en estado de dormición durante más de 30 años, con un caso reportado de 70 años de dormancia. Las semillas son distribuidas en tiempo y espacio bajo condiciones naturales, razón por la cual se vuelven permeables a los gases y al agua a intervalos sucesivos, dificultando todo tipo de control posterior (Holm *et al.*, 1997).

Estudios realizados por Fariñas *et al.* (1997) reportan que las semillas de las leguminosas presentan latencia debido a la impermeabilidad del tegumento, la cual puede mantener reservas de semillas viables en el suelo que germinarán secuencialmente cuando las condiciones ambientales sean apropiadas.

Dado que las semillas pueden permanecer en estado de dormición durante varios años (aún cuando las condiciones ambientales sean favorables para la germinación), la ausencia inicial de plantas luego de aplicar un tratamiento determinado no significa en absoluto que el tojo haya sido eliminado (Taylor, 2000).

En aquellos casos en que las cubiertas del fruto se liberan conjuntamente con las semillas el efecto inhibitor no sería exclusivo de la cubierta seminal sino responsabilidad compartida entre ambos (Castro *et al.*, 2003).

El principal factor determinante de la viabilidad de las semillas no constituye la profundidad de entierro sino el tiempo transcurrido una vez que es depositada en el suelo. Según trabajos realizados por Hill *et al.* (2001) en Nueva Zelanda, el número de semillas viables enterradas en bolsas de nylon a 5cm de profundidad disminuyó un 90% y un 99% transcurridos 10 y 20 años desde su entierro respectivamente.

De todas maneras existen variaciones importantes en la longevidad de las semillas según el sitio considerado, atribuibles probablemente a diferencias en las condiciones climáticas y genotipos particulares de los distintos sitios analizados.

### 2.5.5 Germinación

#### 2.5.5.1 Artificial o inducida

De acuerdo con Castro *et al.* (2003), la necesidad de tratamientos promotores de la germinación (en el caso de las leguminosas) depende de la especie considerada.

Dado que muchas especies de leguminosas presentan cubiertas seminales duras e impermeables, la germinación estará promovida por la aplicación de distintos métodos de escarificación: físicos (ebullición, altas temperaturas), mecánicos (lijado), químicos (inmersión en ácido sulfúrico, ácido giberélico).

Para propósitos experimentales, más del 95% de germinación puede obtenerse por ebullición de las semillas durante 30 a 60 segundos, y luego entibiarlas rápidamente en agua (Millener, 1961, cit. por Holm *et al.*, 1997).

Otro método consiste en utilizar calor seco a 80 o 90° durante un corto período de tiempo. Demostraciones efectuadas por Moss (1959, cit. por Hoshovsky, 1989), concluyen (luego de someter semillas a 88° C durante 30 minutos) que el calor estimula la germinación. Temperaturas similares se espera que ocurran 2 cm por debajo de la superficie del suelo en una quema liviana, y alrededor de 5 cm cuando la intensidad de la quema es mayor (MacCarter *et al.*, 1980, cit. por Hoshovsky, 1989). Ivens (1983, cit. por Holm *et al.*, 1997), encontró que la tasa de germinación se incrementa linealmente

con temperaturas comprendidas entre 0 y 18°, siendo este último el valor óptimo. Luego la germinación decrece hasta alcanzar los 26°. Por encima de 35° se pierde la viabilidad.

El lijado como método de escarificación mecánica, puede realizarse frotando las semillas entre 2 láminas de papel de lija hasta lograr erosionar la superficie de la testa. A modo de ejemplo, según Castro *et al.* (2003) algunas especies como *Coronilla juncea* presentan diferencias importantes en los porcentajes de germinación según se apliquen o no tratamientos de escarificación mecánica ( 87,2% con el lijado contra 17,0 en el caso de semillas testigo). Sin embargo, aún cuando ciertas leguminosas como *Onobrychis argentea* presentan un incremento considerable en los porcentajes de germinación en presencia de un tratamiento de escarificación mecánica como es el lijado (81,5%), las semillas testigo presentarán igualmente un alto porcentaje de germinación (72%).

De igual modo, los resultados encontrados por Pulido *et al.* (s.f.) indican que en algunas especies de leguminosas tales como *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia* y *Sophora japónica*, la estimulación de la germinación producida por escarificación mecánica es la más efectiva, consiguiéndose en ocasiones una germinación del 100%.

Según información proporcionada por Romero (2002 com. per.) una técnica muy difundida actualmente consiste en aprovechar la capacidad de escarificación que presenta el ácido sulfúrico para levantar la dormición una vez que se da la remoción de la cubierta seminal (envoltura de la semilla), la cual presenta un efecto hormonal de inhibición de la germinación (promoción de la dormición).

En aquellos casos donde se pretenda evaluar porcentajes de germinación es de vital importancia que las semillas sometidas a tratamiento no sean colectadas en el suelo, porque las semillas que se encuentran bajo el tojal adulto (formando parte del mantillo) presentan diferencias en su estado fenológico, viabilidad, sanidad y una variabilidad temporal muy importante debido a que han sido depositadas anualmente a intervalos de tiempo sucesivos, a medida que se da la dehiscencia o apertura de las legumbres. De esta manera conforman un banco de semillas muy heterogéneo, en el cual coexisten semillas hinchadas a punto de germinar y otras que aún distan mucho de este proceso, semillas completamente viables y otras que han perdido su viabilidad, enmascarando en consecuencia los resultados obtenidos luego de aplicarles el tratamiento con ácido sulfúrico.

Fariñas *et al.* (1997) señalan que la latencia puede ser suspendida por diversos métodos de escarificación, considerándose que la escarificación química es más efectiva que el agua hirviendo y altas temperaturas.

De esta forma, si bien las semillas de *Onobrychis argentea* presentan un alto porcentaje de germinación (72%) en ausencia de cualquier agente escarificador, el

mismo podrá ser incrementado como consecuencia de la inmersión en ácido sulfúrico (95%). Para dos especies de leguminosas como *Centrosema brasilianum* y *Centrosema macrocarpum*, los mayores porcentajes de germinación promedio (95,7%) se logran con la escarificación química en ácido sulfúrico de alta concentración (95%) durante 10 minutos. Por el contrario, tiempos de inmersión de 15 y 20 minutos provocan una disminución relativa del porcentaje de germinación máximo logrado a los 10 minutos. El porcentaje de germinación del testigo fue de 10% (Fariñas *et al.*, 1997).

Dichos resultados evidencian la eficacia que presenta la escarificación química para romper la dormición de las semillas en algunas especies de leguminosas.

#### 2.5.5.2 Natural

Bajo condiciones ambientales apropiadas, la germinación de las semillas puede tener lugar en cualquier momento del año. Esta irregularidad se debe al alto porcentaje de semillas impermeables. Ivens (1978, cit. por Holm. *et al.* 1997), señala que la luz no constituye requerimiento esencial para la germinación de las semillas las cuales tampoco muestran estimulación frente a un amplio rango de temperaturas alternantes.

Pocas semillas germinan bajo la sombra proporcionada por el dosel de plantas adultas, pero una vez que las mismas son removidas un flujo masivo de plantines aparecen por doquier, colonizando primariamente la totalidad del suelo que se encuentra bajo las plantas progenitoras. De acuerdo a las investigaciones realizadas por Ivens (1983, cit. por Holm *et al.*, 1997), dicho incremento no sería explicado por un aumento en la intensidad de luz ni por un cambio en los rangos de temperatura. Los antecedentes proporcionados por Alridge (1968, cit. por Holm *et al.*, 1997) demostraron que un dosel de alta densidad es capaz de interceptar gran parte de la precipitación registrada (el 75% de una precipitación de 12 mm es interceptada por el dosel del tojo). Por esta razón Ivens sugiere que la humedad es el factor más importante en determinar la explosión demográfica de plantines de tojo una vez que se da la remoción del canopy adulto.

#### 2.5.6 Influencia del fuego sobre el banco de semillas.

El fuego es un factor de gran incidencia en la germinación dado que provoca una regeneración natural explosiva debido a la activación del banco de semillas presente en el suelo. De esta manera, algunas semanas después de realizada la quema millones de pequeños plantines emergerán de las semillas una vez que se den las condiciones ambientales propicias, colonizando de esta manera la totalidad del mantillo que se encontraba bajo el tojal adulto (Romero, 2002 com. per.).

Taylor (2000) coincidentemente con lo reportado por Mac Bean (1990, cit. por Caggon, 2000) señala que la eficacia del fuego sobre la germinación se debe a su capacidad de quebrar la dormancia de las semillas una vez que se da la ruptura de la cubierta seminal, caracterizada por su dureza, impermeabilidad y superficie cerosa.

La quema del tojo como mecanismo de control ha sido utilizada por más de 100 años, comúnmente como alternativa o complemento de otras prácticas tales como la molienda o trituración y aplicación de productos químicos. En cualquiera de estos casos las semillas siempre permanecen (Holm *et al.*, 1997).

Investigaciones dirigidas a analizar el comportamiento que presenta el banco de semillas en relación al empleo de la quema como herramienta parcial de control, observaron que muchas semillas fueron encontradas en los primeros seis cm del suelo siendo estimuladas con temperaturas inferiores a 100°C. Por encima de los 100°C el calor es letal luego de un corto período de tiempo. De esta manera, luego de un fuego intenso es común observar reducciones en el entorno del 33% en la reserva de semillas del suelo (Zabkiewicz *et al.*, 1978, cit. por Holm *et al.*, 1997). Sin embargo, la aplicación de fuegos frecuentes destruye la vegetación y la materia orgánica existente, conduce a la desnudez progresiva del área y finalmente causa erosión.

El fuego juega un rol fundamental en la ecología del tojo en la medida que levanta la dormición de las semillas al romper la cubierta seminal dura, cerosa e impermeable, actuando de esta manera como agente escarificador de semillas (Romero, 2002 com. per.).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo fue realizado en un establecimiento ubicado en el sureste del país (Departamento de Lavalleja), más precisamente en el Km 103,500 de la ruta 8, próximo a Minas.

El trabajo de campo se desarrolló entre el 4 de mayo y el 16 de diciembre del año 2002.

##### 3.1.2 Características generales del tojal

Se observó la existencia de un tojal muy denso, de aspecto impenetrable, enmarañado, lo cual hacía imposible toda visión hacia su interior.

Predominaba un color verde intenso, el cual resaltaba aún más por la escasa presencia de flores amarillas en plantas aisladas que se observó.

El rango de alturas encontrado osciló entre 1,50 y 2,40 metros, correspondiendo el tercio central y basal a ramas más añosas, secas y muertas que se van desprendiendo conforme avanza su grado de deterioro, pasando a integrar el mantillo.

La luz prácticamente no logra atravesar el follaje.

El mantillo acumulado bajo el tojal, de color pardo, está compuesto por los restos vegetales que conforman el tojal establecido: ramas, espinas, restos de cubiertas seminales, semillas.

Sólo se pudo constatar en los bordes del tojal la escasa existencia de algunas especies asociadas tales como: *Cynodon dactylon* (gramilla), *Eupatorium buniifolium* (chirca), *Taraxacum officinale* (diente de león), *Stenotaphrum secundatum* (gramillón).

### 3.2 MUESTREO DEL TOJAL ADULTO.

En la primera etapa se seleccionó una parcela rectangular de 90 metros de longitud por 33 metros de ancho, orientada en el sentido Norte-Sur, abarcando una superficie total de 3000 metros cuadrados, con una leve pendiente que desciende en dirección Oeste.

Dentro de la misma se establecieron posteriormente 6 subparcelas o entradas rectangulares de 3 metros de largo por 2 metros de ancho para determinar biomasa, alturas y número de plantas.

Para la instalación de las subparcelas se realizó un muestreo sistemático a los efectos de cubrir la variación espacial existente en el terreno, principalmente en términos de pendiente, profundidad del suelo y humedad del mismo.

De esta manera, a lo largo del eje longitudinal de la parcela rectangular (dirección Norte- Sur), se establecieron sistemáticamente tres subparcelas en la parte alta de la ladera y tres en la zona más baja de la misma. Para eliminar el efecto borde, se dejó una franja de 1 metro de longitud entre la periferia del tojal y la instalación de las subparcelas.

Una vez delimitada la totalidad de las subparcelas se procedió a su limpieza total, utilizando una desbrozadora que cortaba las plantas adultas del tojal lo más cerca posible del suelo. Simultáneamente, las matas arbustivas cortadas eran extraídas manualmente formando distintos montones que se ataban para luego ser pesados con el fin de determinar la cantidad de biomasa existente por unidad de superficie.

Posteriormente al retiro de la biomasa aérea de cada subparcela se procedió al recuento del número de tocones, a los efectos de determinar la densidad. Se tuvo precaución de no registrar como planta independiente uno de los numerosos rebrotes del arbusto que aún estando cubierto por el mantillo perteneciera a una misma cepa.

Finalmente, en tres de los cuatro bordes de cada subparcela, se midió (utilizando una cinta metálica) la altura total y la altura verde de un individuo representativo. La altura verde es aquella que define la porción de la planta comprendida entre las ramas secas o con ausencia de tejidos fotosintetizantes y el ápice de la misma.

### 3.3 QUEMA DEL TOJAL

Se efectuaron dos quemas: una quema de otoño y una quema de primavera. La quema de otoño fue realizada en la parcela de 3000 metros cuadrados el día 10 de mayo del año 2002.

Para determinar el momento oportuno de ambas quemas se consideró el pronóstico del tiempo de la Dirección General de Meteorología, asegurándose la nula existencia de precipitaciones en los 5 días previos a la realización de las mismas. Como primera medida se procedió a realizar una limpieza con desbrozadora de todo el perímetro contiguo a las parcelas de estudio, a los efectos de minimizar los riesgos de propagación del fuego fuera del área de interés.

Para la quema se utilizaron dos antorchas embebidas en aceite quemado (para prologar su durabilidad) y combustible (20 litros de una mezcla compuesta por 2/3 partes de gasoil y 1/3 parte de nafta). Dicha mezcla tiene por objeto uniformizar el fuego y reducir la alta inflamabilidad que presenta la nafta en caso de ser utilizada pura. La quema se realizó en un lapso de 50 minutos y requirió la colaboración de varias personas.

El encendido fue llevado a cabo por dos individuos: uno que regaba la biomasa aérea del tojal con el combustible colocado en una botella plástica y otro que con ayuda de una antorcha encendida, se encargaba de encender el fuego a lo largo de todo el borde este y norte de la parcela, desplazándose en sentido contrario a la dirección del viento para no ser alcanzados por las llamas del fuego.

Dicha tarea fue efectuada entre las 12:30 y las 13:20 horas, una vez que se levantó el abundante rocío existente en horas de la mañana.

Simultáneamente, otras cinco personas provistas de matafuegos eran las encargadas de controlar focos ígneos puntuales que se originaban fuera del área de quema prescripta.

Aproximadamente 20 minutos después de finalizada la quema, cuando las llamas han cesado y el combustible parece haberse consumido por completo, se procedió a mojar el área de quema para apagar totalmente algunas brasas aisladas que aún permanecían encendidas, disminuyendo todo riesgo de incendio posterior.

Dada la alta densidad del tojal presente en la parcela de interés, durante el transcurso de la quema el fuego se propagó con facilidad a través del canopy de las plantas debido a la proximidad existente entre ellas, produciendo llamas que superaban los 4 metros de altura.

Con respecto al estado del tiempo, se trataba de un día caluroso (acorde con la época del año), muy soleado y con escasa presencia de nubes. El viento soplaba en dirección sureste con una intensidad débil a moderada. La temperatura del aire registrada en el momento de la quema fue de 20°.

La quema de primavera fue realizada el día 13 de noviembre del 2002, entre las 13 y las 14.20 horas, procediéndose de igual forma que para la quema de otoño. La temperatura del aire fue de 28° y el viento soplaba del cuadrante NE.

### 3.4 MUESTREO DEL BANCO DE SEMILLAS

#### 3.4.1 Previo a la quema

Al igual de lo que sucede en el caso de suelos, se efectuaron dos muestreos del banco de semillas previo a la quema: uno en otoño y otro en primavera.

El muestreo de semillas de otoño fue realizado el día 4 de mayo del año 2002 en la parcela de 3000 metros cuadrados. Para ello, en cada una de las seis subparcelas, se extrajeron diez muestras de suelo al azar sin remover el mantillo, utilizando un sacabocados de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura, y una maceta de goma. Las muestras fueron extraídas hasta una profundidad de 5 cm.

Posteriormente, luego de dejar las muestras en remojo, utilizando tres tamices cuyas mallas metálicas presentaban orificios que se adecuaban a la separación del producto, superpuestos uno encima de otro (primero el de orificios más grandes y por último el de orificios más pequeños) se procedió al lavado de las muestras con ayuda de un flujo de agua, de manera de ir disolviendo los agregados de suelo para separar la totalidad de las semillas que se encontraban en cada una de las muestras recolectadas, siendo almacenadas finalmente en cajas de Petri.

El muestreo de semillas de primavera fue realizado el 13 de noviembre del año 2002 en la parcela de 1000 metros cuadrados, siguiendo el mismo criterio utilizado para el muestreo de otoño. Se establecieron cuatro subparcelas (dos en el bajo y dos en el alto) y extrajeron siete muestras de suelo con mantillo por cada subparcela.

#### 3.4.2 Posterior a la quema

Se realizaron dos muestreos del banco de semillas luego de la quema, uno en otoño y otro en primavera.

El muestreo de otoño fue realizado el día 15 de junio del año 2002 en la parcela de 3000 metros cuadrados, en otras subparcelas intermedias o desfasadas respecto a las establecidas originalmente para la caracterización del tojal adulto. El procedimiento a seguir y los materiales utilizados fueron exactamente los mismos que previo a la quema.

El muestreo de primavera fue efectuado el 16 de diciembre del 2002, aproximadamente un mes después de realizada la quema, procediéndose de igual forma que en el caso anterior.

### 3.5 MUESTREO POST-QUEMA DE PLÁNTULAS DE PRIMAVERA

El día 16 de diciembre del año 2002 (33 días luego de realizada la quema) se realizó un único muestreo post-quema de las plántulas originadas en la primavera a partir de semillas, con la finalidad de comparar los porcentajes de emergencia/germinación registrados a campo y laboratorio respectivamente.

Dicho muestreo pretende contabilizar la regeneración natural originada luego de la quema de primavera utilizando cuadrículas de 20 x 20 cm divididas en cuadrantes, de manera de facilitar el conteo de las plántulas.

El mismo incluye un total de doce unidades muestrales. Para ello, en cada una de las posiciones topográficas respectivas (alto o bajo) se procedió a distribuir equidistantemente tres puntos de entrada. Con el objetivo de minimizar el efecto borde, en cada punto de entrada, la cuadrícula fue arrojada a un metro del borde (''1era tirada''). Posteriormente, a partir de esa posición, la cuadrícula fue desplazada nuevamente 1,6 metros hacia el interior del tojal (''2da tirada'').

### 3.6 TRATAMIENTO DE SEMILLAS EN EL LABORATORIO

#### 3.6.1 Evaluación de la capacidad escarificadora del ácido sulfúrico

En un tojal adulto, vecino a la parcela en estudio, se procedió a la extracción de legumbres para evaluar la capacidad escarificadora que presenta el ácido sulfúrico a distintos intervalos de tiempo (30, 60 y 90 minutos).

Las semillas (extraídas de las legumbres) fueron recolectadas el día 4 de mayo del año 2002, ocho días después de la última lluvia.

Se recolectaron 62 legumbres conteniendo en su interior un total de 132 semillas. Dado que las vainas no se encontraban aún en el momento óptimo de cosecha, no todas las semillas habían logrado su madurez absoluta, razón por la cual se procedió a descartar aquellas semillas inmaduras. Del total de semillas recolectadas se utilizaron 115 semillas maduras para la realización de los tratamientos posteriores. Las mismas

fueron almacenadas en sobres de papel (en condiciones ambientales no controladas) hasta el momento de su utilización.

En primer lugar, el día 16 de agosto del 2002, se realizaron tres tratamientos colocando 38 semillas en ácido sulfúrico comercial durante 30, 60 y 90 minutos, transcurridos los cuales fueron sometidas a unos golpecitos de horno a 45° por espacio de tres minutos.

Luego se colocaron las semillas en una bandeja plástica sobre sustrato inerte compostado (a base de aserrín) de nombre comercial Elvira. A continuación se regó el sustrato con agua, colocándose la bandeja en una bolsa de nylon para que no se secase. Por último se introdujo la misma en una cámara de cultivo sometida a condiciones estándar: 25°C y 65% de humedad relativa. Se observó la evolución del tratamiento transcurrido un mes a partir de la fecha de siembra (13 de setiembre del 2002), momento en el cual se registró el número de semillas germinadas. El criterio de germinación fue la protusión visible del epicótilo y/o hipocótilo.

### 3.6.2 Evaluación de la capacidad escarificadora del fuego

Las semillas obtenidas a partir del muestreo prequema del banco durante la primavera y otras obtenidas el día posterior a la quema, fueron enviadas a un laboratorio para evaluar la capacidad escarificadora del fuego.

En el laboratorio fueron colocadas sobre hojas de papel absorbente humedecidas con agua. El 10 de diciembre del año 2002 se sembraron (para cada una de las cuatro subparcelas) tres repeticiones con 30 semillas cada una y una cuarta con las semillas restantes. En total se utilizaron 499 semillas para el tratamiento de prequema y 448 para el tratamiento de postquema, las cuales fueron almacenadas (bajo condiciones ambientales normales) en sobres de papel hasta el momento de su utilización. A continuación las hojas de papel se envolvían a modo de rollo y se colocaban en bolsas de nylon para ser introducidas en cámara de cultivo bajo condiciones estándar (25 °C y 65% de humedad relativa). Las semillas atacadas por hongos se descartaron de inmediato.

Las observaciones de semillas germinadas fueron realizadas el 20 de diciembre del 2002 y el día 13 de enero del año 2003.

Cabe destacar que este tratamiento fue desarrollado de la misma forma tanto para las muestras de semilla prequema como postquema. Dado que las semillas extraídas durante el muestreo prequema de primavera no habían sufrido los efectos del fuego como agente escarificador, funcionaron a modo de testigo.

## 3.7 MUESTREO DE SUELOS

### 3.7.1 Previo a la quema

Se realizaron dos muestreos de suelo previo a la quema, uno en otoño y otro en primavera.

El muestreo de otoño fue realizado el día 4 de mayo del año 2002 en cada una de las seis subparcelas establecidas anteriormente para la caracterización del tojal adulto. Se procedió a la extracción de una muestra de suelo mineral compuesta de tres submuestras extraídas al azar a una profundidad de muestreo de 5 cm, previa remoción de mantillo. El volumen aproximado de cada una fue de 590 cm<sup>3</sup>.

Posteriormente, en otra parcela de 1000 metros cuadrados, completamente independiente a la anterior, fue realizado el muestreo de primavera el 13 de noviembre del 2002, ubicándose cuatro subparcelas con el mismo criterio utilizado para la parcela de 3000 metros cuadrados. También aquí se procedió a la extracción de una muestra de suelo compuesta en cada una de las cuatro subparcelas mencionadas. Esto arroja un total de diez latas de muestreo de suelo (una por cada subparcela) recolectadas previamente a la quema: seis en la parcela de 3000 metros cuadrados y cuatro en la parcela de 1000 metros cuadrados.

Finalizada su extracción, las muestras de suelo prequema fueron llevadas a la heladera a la espera de las muestras de suelo postquema.

### 3.7.2 Posterior a la quema

Con respecto a la extracción de muestras de suelo postquema, se destaca que la misma fue realizada únicamente durante el otoño en la parcela de 3000 metros cuadrados el día 15 de junio del 2002, con la diferencia que se establecieron seis subparcelas distintas, intermedias entre las ubicadas originalmente previo a la quema. El criterio empleado para su ubicación (tres en el alto y tres en el bajo) así como el procedimiento de extracción de las muestras fue el mismo que el utilizado previo a la quema. No se realizó extracción de muestras de suelo postquema durante la primavera (parcela de 1000 metros cuadrados).

Culminada esta etapa, ambas muestras de suelo (prequema y postquema) fueron llevadas al Laboratorio de Fertilidad de la Facultad de Agronomía para determinar las siguientes características: pH en agua, porcentaje de materia orgánica, contenido de potasio y fósforo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TOJAL

Como se observa en el Cuadro 2 la densidad promedio encontrada en las subparcelas ubicadas en la parte alta del terreno fue de 8,9 plantas por metro cuadrado en comparación con las 7,2 plantas halladas en las subparcelas situadas en la zona baja del terreno.

**Cuadro 2.** Variables básicas utilizadas para caracterizar el tojal adulto establecido considerando como unidad de superficie el metro cuadrado.

	<b>Peso de biomasa (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Densidad (n°pltas/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura total (metros)</b>	<b>Altura verde (metros)</b>	<b>% de Hv. En Ht</b>
<b>Alto 1<sup>a</sup></b>	4,6	8,5	1,5 - 1,7 - 1,6	0,5 - 0,5 - 0,6	33,1- 31,8-35,8
<b>Alto 2<sup>a</sup></b>	5,5	15,2	2,1- 1,5 - 2,0	0,7- 0,7- 0,7	35,2- 44,2-36,7
<b>Alto 3<sup>a</sup></b>	6,3	3,0	2,0 - 2,1 -2,1	0,8 - 0,7- 0,6	38,5- 31,6-28,8
<b>PROM.</b>	<b>5,5</b>	<b>8,9</b>	<b>1,8</b>	<b>0,6</b>	<b>35,1</b>
<b>MAX.</b>	-	-	<b>2,1</b>	<b>0,8</b>	<b>44,2</b>
<b>MIN.</b>	-	-	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>28,8</b>
<b>Bajo 1<sup>a</sup></b>	7,3	7,8	1,8 - 1,9 - 2,0	0,6 - 0,8 - 0,9	42,9- 43,3- 46
<b>Bajo 2<sup>a</sup></b>	4,9	5,7	1,8- 1,6 - 1,6	0,6 - 0,4 - 0,6	33,3- 25- 37,5
<b>Bajo 3<sup>a</sup></b>	6,0	8	1,8 - 2,4 - 2,0	0,60- 0,60-1,0	33,3- 25- 50
<b>PROM.</b>	<b>6,1</b>	<b>7,2</b>	<b>1,9</b>	<b>0,7</b>	<b>37,4</b>
<b>MAX.</b>	-	-	<b>2,4</b>	<b>1,0</b>	<b>25</b>
<b>MIN.</b>	-	-	<b>2,0</b>	<b>0,4</b>	<b>50</b>

**Alto:** Subparcelas ubicadas en la posición topográfica más elevada.

**Bajo:** Subparcelas ubicadas en la posición topográfica menos elevada.

**1<sup>a</sup>:** Subparcela más próxima a la ruta 8 (punto cardinal sur).

**3<sup>a</sup>:** Subparcela más alejada de la ruta 8 ( punto cardinal norte).

**2<sup>a</sup>:** Subparcela central , intermedia entre las dos anteriores.

Sin embargo, a pesar de la mayor densidad registrada en las subparcelas del alto, el promedio de biomasa correspondiente a las mismas fue menor que en el caso de las subparcelas ubicadas en el bajo (5,5 kg por metro cuadrado para las subparcelas del alto contra 6,1kg por metro cuadrado para las subparcelas del bajo)

Estas diferencias posiblemente puedan deberse a un simple error de muestreo dadas las condiciones precarias en que fue realizada su determinación. Dado que la población en estudio ya ha alcanzado su "techo" de crecimiento por tratarse de un tojal adulto establecido, la cantidad de biomasa generada es independiente de la densidad (Ley de los rendimientos constantes o máxima biomasa). Este es uno de los principios fundamentales utilizados en la actividad forestal ya que por medio del raleo se altera la repartición de la biomasa total (concentrándola en menos árboles) sin disminuirla. A excepción de variaciones en el ambiente (situación no aplicable en este caso), en un cultivo establecido con el canopy cerrado la biomasa debería ser la misma.

En definitiva, las condiciones del bajo son teóricamente más propicias para el crecimiento vegetal, no observándose grandes diferencias en las variables analizadas.

## 4.2 BANCO DE SEMILLAS

### 4.2.1 Otoño

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del muestreo del banco de semillas.

**Cuadro 3.** Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de otoño (miles de semillas por metro cuadrado).

	SUBPARCELAS ALTO			SUBPARCELAS BAJO		
	1era	2da	3era	1era	2da	3era
<b>Prequema otoño</b>						
PROM.	10,8	3,6	12,6	9,9	6,7	7,0
DESVEST.***	4,6	2,0	10,1	3,8	4,7	3,7
CV(%)	43	57	80	38	71	52
MAX.	21,4	6,6	33,2	17,9	15,3	15,8
MIN.	6,1	0,5	4,1	5,6	1,5	2,6
<b>Postquema otoño</b>						
PROM.	4,2	4,3	3,6	10,0	3,1	7,3
DESVEST.***	2,5	4,5	3,3	7,6	1,3	3,4
CV(%)	60	106	94	76	43	47
MAX.	9,2	15,3	12,2	25,5	5,1	12,4
MIN.	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	2,6

**ALTO, BAJO:** posiciones topográficas.

**1era, 2da, 3era:** subparcelas.

\*\*\* Para calcular el desvío se utilizaron los datos originales: cantidad de semillas recolectadas en cada una de las 10 submuestras de suelo extraídas en cada subparcela.

El orden de magnitud de los resultados concuerdan con la bibliografía revisada.

El máximo recuento de semillas/submuestra de suelo ha sido registrado en el tratamiento de prequema, más precisamente en las subparcelas del alto. Contrariamente, los recuentos mínimos se observaron indistintamente en las subparcelas del alto y bajo durante el tratamiento de postquema.

Si bien el muestreo indica una disminución promedio del banco de semillas para ambas posiciones topográficas debido a la acción del fuego, no es posible afirmarlo con

certeza porque no se trata de una comparación estadística (Cuadro 4). El tamaño de la muestra y la agregación de las semillas hace que la variación entre las distintas subparcelas sea altísima. Es el problema que existe cuando se hace un muestreo de semillas o plántulas con disponibilidad reducida de recursos.

Dicha situación podría explicar la no disminución del banco de semillas a posteriori de la quema en dos de las tres subparcelas del bajo (1era y 3era en Cuadro 3). De esta manera podría ser perfectamente posible que debido a la agregación la recolección de algunas submuestras de suelo se hubiera efectuado en puntos no representativos de la cantidad de semillas que presentan las dos subparcelas en cuestión, sobredimensionando en este caso los registros encontrados.

**Cuadro 4.** Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de otoño (miles de semillas por metro cuadrado).

<b>MUESTREO DE OTOÑO</b>				
	Alto prequema	Alto postquema	Bajo prequema	Bajo Postquema
<b>PROM.</b>	9,0	4,0	7,9	6,8
<b>DESVEST.**</b>	7,4	3,5	4,2	5,5
<b>CV. (%)</b>	83	86	54	81

\*\* Para calcular el desvío se utilizaron los datos originales: cantidad de semillas recolectadas en cada una de las 10 submuestras de suelo extraídas en cada subparcela.

Se evidencia una tendencia en la activación del banco de semillas del suelo luego de la quema, con disminuciones en el orden de 55,5 y 13,9 puntos porcentuales, subparcelas del alto y bajo respectivamente. Es decir que la reducción del banco de semillas encontrada en las subparcelas del alto es 4 veces superior a la existente en las subparcelas del bajo.

#### 4.2.2 Primavera

Un mes después de finalizada la quema de primavera se observa, al igual que en otoño, una disminución del banco de semillas cuando se agrupan las dos subparcelas de un mismo tratamiento y posición topográfica, con reducciones promedio de 17 puntos porcentuales para las subparcelas del alto y 51,8 puntos porcentuales para las subparcelas del bajo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de primavera (miles de semillas por metro cuadrado).

<b>MUESTREO DE PRIMAVERA</b>				
	Alto prequema	Alto postquema	Bajo prequema	Bajo Postquema
<b>PROM.</b>	10,6	8,8	11,0	5,3
<b>DESVEST **</b>	4,0	5,5	6,8	3,7
<b>CV. (%)</b>	38	62	62	69

\*\* Para calcular el desvío se utilizaron los datos originales: cantidad de semillas recolectadas en cada una de las 7 submuestras de suelo extraídas en cada subparcela.

**Alto, Bajo:** posiciones topográficas.

Como era de esperar, las tendencias registradas durante el muestreo de otoño se mantienen. A excepción de la parcela Alto 2da, los recuentos máximos siempre fueron encontrados en subparcelas pertenecientes al tratamiento de prequema. Los recuentos mínimos se concentraron, como era predecible, en subparcelas estudiadas durante la postquema, situación no aplicable a la subparcela Bajo 1era (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Muestreo del banco de semillas prequema y postquema de primavera (miles de semillas por metro cuadrado).

	<b>SUBPARC. ALTO</b>		<b>SUBPARC. BAJO</b>	
	<b>1era</b>	<b>2da</b>	<b>1era</b>	<b>2da</b>
<b>Prequema prim.</b>				
PROM	11,9	9,3	7,9	14,1
DESVEST **	5,3	1,5	5,4	6,9
CV.(%)	44	16	69	49
MAX.	21,4	11,2	19,9	28,1
MIN.	5,1	7,6	3,6	8,2
<b>Postquema prim.</b>				
PROM.	7,3	10,3	7,9	2,7
DESVEST.**	3,1	7,1	3,4	1,2
CV(%)	43	69	43	46
MAX.	11,2	22,4	15,3	4,1
MIN.	2,5	4,1	5,1	1,0

**\*\*** Para calcular el desvío se utilizaron los datos originales correspondientes a las 7 submuestras de suelo extraídas en cada subparcela.

**ALTO, BAJO:** posiciones topográficas.      **1era, 2da:** subparcelas.

Una peculiaridad interesante, a diferencia de lo sucedido en otoño, es que como consecuencia de la quema realizada en primavera el banco de semillas se vio más reducido en las subparcelas del bajo que en las del alto. Esto posiblemente pueda deberse al mayor contenido de humedad presente en la lámina del suelo de las subparcelas del bajo, promoviendo una germinación más abundante y explosiva a la fecha de evaluación postquema, sobretodo si se considera que el mes de diciembre (momento en el cual se realizó la evaluación postquema) muchas veces resulta crítico para la germinación porque se acentúa el déficit hídrico del suelo.

Sin embargo, dicha hipótesis no coincide con los resultados presentados en el Cuadro 7, donde contrariamente a lo manifestado se aprecia que el porcentaje de emergencia promedio de las subparcelas del bajo (0,34%) es muy inferior al registrado en las subparcelas del alto (1,3%).

**Cuadro 7. Porcentajes de emergencia promedio registrados durante el muestreo postquema de primavera.**

	CAMPO	
	Alto	Bajo
Semillas/m <sup>2</sup>	10568	11042
Plantas/m <sup>2</sup>	133,3	37,5
% emerg./ posición	1,3	0,34

#### 4.2.3 Prequema versus postquema.

Si se comparan tratamientos (prequema versus postquema) pertenecientes a una misma fecha de quema (otoño o primavera) omitiendo distinciones entre posiciones topográficas (alto o bajo) se observará también una reducción del banco de semillas luego de ocurrida la quema (Cuadro 8), siendo la misma prácticamente de igual magnitud durante el otoño (35,7 puntos porcentuales) que durante la primavera (34,3 puntos porcentuales).

**Cuadro 8.** Comparación prequema y postquema de las semillas recolectadas durante el muestreo de otoño y primavera ( miles de semillas por metro cuadrado).

	Preq.otoño	Postq.otoño	Preq. prima.	Post.prima.
	Alto y Bajo	Alto y Bajo.	Alto y Bajo.	Alto y Bajo.
1era	10,8	4,2	11,9	7,3
2da	3,6	4,3	9,3	10,3
3era	12,6	3,6	—	---
1era	9,9	10	7,9	7,9
2da	6,7	3,1	14,1	2,7
3era	7	7,3	—	—
<b>Prom.</b>	<b>8,4</b>	<b>5,4</b>	<b>10,8</b>	<b>7,1</b>
<b>Desvest</b>	<b>3,3</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>3,2</b>
<b>Cv (%)</b>	<b>39</b>	<b>50</b>	<b>26</b>	<b>45</b>

Esto coincide totalmente con los antecedentes bibliográficos reportados por Zabkiewicz *et al.* (1978, cit. por Holm *et al.*, 1997) quien establece que luego de un fuego intenso es común observar reducciones en el entorno del 33% en la reserva de semillas del suelo.

#### 4.3 REGENERACIÓN NATURAL POSTQUEMA DE PRIMAVERA

Se destaca que todas las plantas se encuentran en su etapa inicial de crecimiento presentando únicamente los dos cotiledones. Si se analiza el Cuadro 9, se observa claramente una mayor densidad promedio en la parte alta, triplicando la densidad encontrada en la posición topográfica más baja. En esta zona las plántulas se concentran en primeras tiradas. En cambio en la zona alta se encuentran en mayor número en segundas tiradas. Respecto a la cobertura vegetal del terreno, el valor medio fue de 57% (Balero y Gándara, 2004).

**Cuadro 9.** Densidad promedio de tojo en la postquema de primavera (plantas/m<sup>2</sup>)

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

Fuente: (Balero y Gándara, 2004).

Si se relacionan los datos de regeneración postquema (plantas/m<sup>2</sup>) con los datos prequema del banco de semillas de primavera (semillas/m<sup>2</sup>) se obtiene, para ambas posiciones topográficas, los porcentajes de emergencia a campo. De esta manera es posible compararlos con los porcentajes de germinación obtenidos en el laboratorio para conocer el potencial de germinación de esta especie.

En el Cuadro 10 se observa que los porcentajes de germinación registrados en el laboratorio (34 días a partir de la fecha de siembra) son muy superiores a los porcentajes de emergencia registrados a campo, acentuándose estas diferencias en las subparcelas del bajo. Esto es debido a que los tratamientos efectuados en el laboratorio se realizan bajo condiciones ambientales experimentales reguladas por el hombre, lo cual hace que los porcentajes de germinación registrados en el laboratorio se aproximen en mayor medida a lo que es el potencial de germinación de una determinada especie.

**Cuadro 10.** Porcentajes de germinación/emergencia promedio registrados durante el muestreo postquema de primavera, laboratorio y campo respectivamente.

	CAMPO		LABORATORIO	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Semillas/m <sup>2</sup>	10568	11042	---	---
Plantas/m <sup>2</sup>	133,3	37,5	---	---
% de ***/ posición	1,3	0,3	22,6	23,7
% de ***/ parcela.	0,8		23,2	

\*\*\* germinación /emergencia.

Es decir que en el presente caso, por cada 23,2 semillas que germinen en el laboratorio sólo 0,8 semillas lograrán emerger en el campo, lo cual se traduce en un porcentaje de emergencia 29 veces inferior al porcentaje de germinación. Una posible explicación podría ser el ataque ocurrido entre germinación y emergencia por acción de

numerosos agentes naturales (coleópteros, hormigas, hongos, aves), encostramiento de la capa superior del suelo por déficit hídrico, putrefacción por exceso de agua.

#### 4.4 SEMILLAS EN EL LABORATORIO

##### 4.4.1 Evaluación de la capacidad escarificadora del ácido sulfúrico

En el Cuadro 11 se observa que prácticamente no existe un aumento en los porcentajes de germinación cuando se pasa de tratar las semillas 30 minutos a 90 minutos en ácido sulfúrico. Por el contrario, el tratamiento de 90 minutos en ácido sulfúrico conduce a una disminución en los porcentajes de germinación de las semillas.

**Cuadro 11.** Porcentaje de germinación de semillas tratadas con ácido sulfúrico a distintos intervalos de tiempo.

	30 minutos	60 minutos	90 minutos
Nº sem. trat.	39	38	38
Nº sem. germ.	23	23	19
% de germ.	59	60,5	50

Asimismo, las diferencias encontradas en los porcentajes de germinación de las semillas cuando las sometemos a 30 y 60 minutos en ácido sulfúrico no son de magnitud.

En definitiva, la escarificación de las semillas se alcanza cuando las sometemos al tratamiento de 30 minutos en ácido sulfúrico, razón por la cual no tiene sentido prolongar su tiempo de permanencia en el mismo para lograr dicho efecto.

#### 4.4.2 Evaluación de la capacidad escarificadora del fuego

##### 4.4.2.1 Tratamiento de prequema

De la lectura del Cuadro 12 se deduce que en todos los tratamientos de prequema se registra un incremento en los porcentajes de germinación total a medida que transcurren los días posteriores a la siembra en la cámara de cultivo.

**Cuadro 12.** Porcentaje de germinación de semillas recolectadas antes y después de la quema de primavera evaluado 10 y 34 días a partir de la fecha de siembra.

Posic. Topográfica	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Días postsiembra	(10 días)	(10 días)	(34 días)	(34 días)
<b>TRATAMIENTO DE PREQUEMA</b>				
Nº sem. tratadas.	288	211	288	211
Nº sem. germ.	1	3	28	34
% germ. Tot.	0,3	1,4	9,7	16,1
<b>TRATAMIENTO DE POSTQUEMA</b>				
Nº sem. tratadas.	267	181	267	181
Nº sem. germ.	15	16	60	43
% germ. Tot.	5,6	8,8	22,5	23,7

A una misma cantidad de días post-siembra, los porcentajes de germinación siempre son superiores en las subparcelas del bajo, ya sea que la evaluación se realice 10 o 34 días a partir de la fecha de siembra. Una posible explicación a ello podría ser el hecho de que por razones obvias de inclinación de la pendiente, las semillas recolectadas en las subparcelas del bajo han estado expuestas a un mayor contenido de humedad existente en el suelo, siendo este uno de los requisitos fundamentales para la imbibición de la semilla y su posterior germinación, una vez que se da la ruptura de la testa.

De aquí que las diferencias encontradas en los porcentajes de germinación de las semillas recolectadas (ya sea 10 o 34 días luego de la siembra) pudieran deberse a diferencias de contenido de humedad edáfico entre las subparcelas del alto y las subparcelas del bajo.

Para una misma posición topográfica los porcentajes de germinación total siempre son superiores cuando la evaluación se realiza 34 días a partir de la siembra, lo cual es lógico si se considera que a medida que transcurren más días entre la fecha de siembra y la fecha de evaluación propiamente dicha, más cantidad de semillas sembradas lograrán la condición de semillas germinadas.

Por otra parte, si se comparan las semillas extraídas de una misma posición topográfica se observará que el incremento en el porcentaje de germinación total, cuando se pasa de 10 a 34 días post-siembra, es superior en las subparcelas del bajo (9,4 puntos porcentuales para las subparcelas del alto contra 14,7 puntos porcentuales para las subparcelas del bajo).

#### 4.4.2.2 Tratamiento de post-quema

Los resultados encontrados muestran que el porcentaje de germinación total, cualquiera sea la posición topográfica considerada (alto o bajo), se incrementa en todos los casos cuando la evaluación se realiza 10 y 34 días a posteriori de la fecha de siembra, siendo de mayor magnitud en este último caso, con lo cual se mantiene la tendencia registrada anteriormente en el tratamiento de prequema. (Cuadro 12).

Al igual de lo que sucede en el tratamiento de prequema, cualquiera sea la fecha de evaluación post-siembra (10 o 34 días), el porcentaje de germinación total siempre es superior en las subparcelas del bajo, posiblemente debido a las causas descritas en el tratamiento mencionado.

A diferencia de lo encontrado en el tratamiento de prequema, si se compara en este caso las semillas extraídas de una misma posición topográfica (alto o bajo) se notará que cuando se pasa de una evaluación post-siembra de 10 días a una de 34 días el incremento en el porcentaje de germinación total será levemente mayor en las subparcelas del alto: 16,9 puntos porcentuales para las subparcelas del alto contra 14,9 puntos porcentuales para las subparcelas del bajo.

#### 4.4.2.3 Prequema versus post-quema

Para una misma posición topográfica (alto o bajo) los porcentajes de germinación registrados en el tratamiento de prequema, 10 días a partir de la fecha de siembra, se incrementan en mayor medida si se someten las semillas otros 24 días en la cámara de cultivo que si sufren los efectos del fuego como agente escarificador. Así para el presente caso el porcentaje de germinación de las subparcelas del alto 10 días a partir de la fecha de siembra (0,3 %), se incrementa en mayor medida al colocar las semillas otros 24 días en la cámara de cultivo (9,7%) que al exponer las semillas a la capacidad escarificadora del fuego (5,6 %), realizando la evaluación post-siembra 10 días después.

Similar tendencia ocurre con las semillas extraídas de las subparcelas ubicadas en el bajo, con la salvedad de que ambos incrementos son mayores (Cuadro 12).

Dicho de otra forma, una espera de 34 días a partir de la fecha de siembra (tratamiento de pre-quema) resulta en porcentajes de germinación más elevados que una espera de 10 días en el caso de semillas que han sido recolectadas luego de la quema (tratamiento de post-quema).

Sin embargo, a igual cantidad de días posteriores a la siembra los mayores porcentajes de germinación se logran con los tratamientos de post-quema.

De todas maneras, los porcentajes de germinación más elevados se logran combinando ambas variables (fuego y tiempo): evaluación post-siembra 34 días después de realizada la misma con semillas que han sido expuestas a los efectos del fuego como agente escarificador (23,1% en el presente caso).

Del mismo modo, también se evidencia que el fuego anula el efecto del agua. El efecto que presenta el fuego sobre la germinación es de mayor magnitud que el efecto provocado por el agua.

Otro aspecto a considerar, es que en ambos casos, la variabilidad existente en los porcentajes de germinación de las distintas subparcelas declina notoriamente a medida que transcurren los días posteriores a la siembra, encontrándose los menores registros de variabilidad en las subparcelas del bajo 34 días después de realizada la siembra.

#### 4.4.2.4 Distintos tratamientos de escarificación: comparación de ácido sulfúrico y fuego

En el Cuadro 13 se observa que el empleo del ácido sulfúrico como agente promotor de la germinación, resulta en porcentajes germinativos muy superiores a los encontrados en el caso de semillas que han sido recolectadas luego de la quema, no importando que la evaluación se realice 10 o 34 días a partir de la fecha de siembra.

**Cuadro 13.** Porcentajes de germinación promedio registrados en el laboratorio con dos tratamientos promotores: ácido sulfúrico y fuego.

	Acido sulfúrico. (30 minutos)	Fuego (alto y bajo) 10 días F.S.(*)	Fuego (Alto y bajo) 34 días F.S.(**)
% germ. prom.	59,0	7,2	23,1

(\*) evaluación realizada 10 días a partir de la fecha de siembra.

(\*\*) evaluación realizada 34 días a partir de la fecha de siembra.

No obstante, las diferencias encontradas en los porcentajes de germinación, según se aplique escarificación física o química, tienden a disminuir a medida que transcurren los días posteriores a la siembra en cámara de incubación.

Es decir que 30 minutos en ácido sulfúrico resulta 8,2 y 2,6 veces más efectivo que el fuego como agente promotor de la germinación, ya sea que la evaluación post-siembra se realice 10 y 34 días después respectivamente

De todas formas se destaca el efecto positivo del fuego como agente escarificador de semillas, alcanzando un 39% de la germinación lograda con ácido sulfúrico.

## 4.5 SUELOS

### 4.5.1 Subparcelas del alto

Los resultados encontrados demuestran que en las subparcelas del alto se verificó la existencia de un leve aumento de pH luego de la quema, lo cual coincide totalmente con lo reportado por Rosengurtt, cit. por Fac. de Agr. (s.f.), quien atribuye ese efecto a la abundante cantidad de cenizas que quedan esparcidas por el suelo, provocando de esta manera un efecto de alcalinización (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Comparación prequema y postquema de las muestras de suelo extraídas de las subparcelas ubicadas en el alto (muestreo de otoño).

<b>Alto prequema</b>	<b>PH (H<sub>2</sub>O)</b>	<b>MO(%)</b>	<b>K (meq/100grs)</b>	<b>P(ppm)</b>
PROM.	4,9	4,9	0,4	7
C.V.(%)	1	11	20	13
<b>Alto postquema</b>				
PROM.	5,3	5,8	0,6	12
C.V.(%)	5	4	5	29

En lo referente al porcentaje de materia orgánica, si bien se observa en el Cuadro 14 que el mismo aumenta luego de la quema, dicha diferencia no sería de magnitud. Durante el trabajo de campo se constató que el fuego se propagaba a través del canopy de las plantas no quemando totalmente el mantillo. La bibliografía consultada (Rosengurtt cit. por Fac. de Agr., s.f.) no coincide con los resultados encontrados, lo cual

es lógico si se tiene en cuenta que la misma hace referencia a quemas pastoriles, donde la menor altura de la pastura (en comparación con las matas de tojo) determina un contacto mucho mayor entre el suelo y el fuego mismo.

En referencia a los macronutrientes, tanto el P como el K aumentan por efecto de la quema, situación atribuida a la gran cantidad de cenizas que serán depositadas sobre el suelo una vez finalizada la misma. Si bien ambos incrementos son importantes, la tasa de aumento del P es de mayor magnitud que en el caso del K: 64 puntos porcentuales y 37 puntos porcentuales respectivamente (Cuadro 14).

#### 4.5.2 Subparcelas del bajo

Contrariamente a lo observado en las subparcelas del alto, en las subparcelas del bajo se constató una leve disminución del pH lo cual no es un hecho trascendente porque las diferencias parecen no ser de magnitud (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Comparación prequema y postquema de las muestras de suelo extraídas de las subparcelas ubicadas en el bajo (muestreo de otoño).

<b>Bajo prequema</b>	<b>Ph (H2O)</b>	<b>MO(%)</b>	<b>K (meq/100grs)</b>	<b>P(ppm)</b>
PROM.	4,9	5,4	0,4	6
C.V.(%)	<b>Menor a 1</b>	8	20	1
<b>Bajo postquema</b>				
PROM.	4,5	4,7	0,5	11
C.V.(%)	4	10	14	28

En relación a la materia orgánica, se verifica luego de la quema una disminución de escasa magnitud.

Similarmente a lo ocurrido en las subparcelas del alto, los nutrientes también aumentaron en virtud de la deposición de cenizas, siendo el aumento del P (78 puntos porcentuales) de mayor magnitud que en el caso del K (22 puntos porcentuales).

## 5. CONCLUSIONES

Una vez concluido el trabajo se encontraron las siguientes conclusiones:

- \* Para ambas estaciones de quema y ~~posiciones~~ topográficas, existe un efecto positivo del fuego sobre la disminución del banco de semillas del suelo.
- \* Se constata luego de la quema un levantamiento de la dormición provocado por el efecto del fuego.
- \* La emergencia de plántulas a campo es de al menos un orden de magnitud menor respecto al potencial de germinación estimado en laboratorio.
- \* La escarificación química con ácido sulfúrico resulta más efectiva que la escarificación física por calor.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo analiza el efecto que presenta la quema controlada de un tojal establecido sobre el banco de semillas de la especie. Para ello se evaluaron dos épocas de quema, otoño y primavera, a la vez que se consideraron dos posiciones topográficas distintas por parcela: alto y bajo. Asimismo se evaluó en laboratorio el efecto de los siguientes tratamientos: (A) escarificación física (efecto del fuego durante la quema de primavera) y (B) escarificación química con ácido sulfúrico comercial a distintos intervalos de tiempo: 30, 60 y 90 minutos. Los resultados encontrados muestran una reducción en el banco de semillas del suelo luego de la quema, siendo la misma prácticamente de igual magnitud durante el otoño (35,7 puntos porcentuales) que durante la primavera (34,3 puntos porcentuales). Se verifica que la escarificación química (inmersión en ácido sulfúrico durante 30 minutos) es la más efectiva, resultando en porcentajes de germinación 2,6 veces superiores a los registrados con escarificación física 34 días a partir de la fecha de siembra. El porcentaje de germinación obtenido en el laboratorio resultó ser 29 veces superior que el porcentaje de emergencia registrado a campo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ANONIMO. S.F. Área temática – Tecnologías innovadoras – Bosque Modelo Chiloé.  
[http://www.chiloeweb.com/chwb/bmch/area\\_tec-innovadoras.html](http://www.chiloeweb.com/chwb/bmch/area_tec-innovadoras.html)  
 Fecha último acceso 29/3/05
- BALERO, R.; GANDARA, J., 2004. Respuesta de *Ulex europaeus* L. a la quema controlada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 60p.
- CAGGON, D. 2000. Written Findings of the State Noxious Weed Control – Board - Class B, B – designate Weed.  
[http://www.nwcb.wa.gov/weed\\_info/Written\\_findings/Ulex\\_europaeus.html](http://www.nwcb.wa.gov/weed_info/Written_findings/Ulex_europaeus.html)  
 Fecha último acceso 29/3/05
- CASTRO, J.; ROMERO-GARCIA, A.T. 2003. Tratamientos promotores de la germinación en tres especies del sureste ibérico.  
[http://www.ugr.es/~botanica/monog/Vol13/13\\_Articulo6.pdf](http://www.ugr.es/~botanica/monog/Vol13/13_Articulo6.pdf)  
 Fecha último acceso 27/3/05
- D.A.M.A. (DEPARTAMENTO TECNICO ADMINISTRATIVO DE MEDIO AMBIENTE). ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (COLOMBIA). Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. 2002  
<http://200.14.206.180/publnew/res/2cx.htm>  
 Fecha último acceso 29/7/05
- FARIÑAS, M.; DAMELYS SANABRIA, V.; SILVA ACUÑA, R. 1997. Escarificación química de semillas de tres especies de *Centrosema* para sabanas bien drenadas. 15 (2): 221-237.  
<http://www.ceniap.gov.ve/ztweb/zt1502/texto/escarificacion.htm>  
 Fecha último acceso 29/3/05
- HELY, C.; FORGEARD, F. 1998. Hétérogénéité d’une lande haute à *Ulex europaeus* en relation avec la propagation du feu (Bretagne, France). Canadian Journal of Botany. 76(5): 804 - 817.
- HILL, R.L.; GOURLAY, A.H.; BARKER, R. J. 2001. Survival of *Ulex europaeus* seeds in the soil at three sites in New Zealand. New Zealand Journal of Botany. (39): 235-244.
- HOLM, J.; DOLL, J.; HOLM, E.; PANCHO, J.; HERBERGER, J. 1997. World weeds; Natural history and distribution. New York, John Wiley & Sons.

- HOSHOVSKY, M. 1989. Element Stewardship Abstract for *Ulex europaeus* Gorse.  
<http://www.conserveonline.org/2001/05/d/en/ulxeur.PDF>  
Fecha último acceso 29/3/05
- MATTHEI, O. 2001. Manual de las malezas que crecen en Chile. Santiago de Chile.  
CONAF. 350p.
- PORCILE, J.F. 2001. (*Ulex europaeus* L.) : maleza introducida que no debe ser subestimada. Uruguay Forestal. 10(26): 17-19.
- PULIDO, L.; TENDERO, A. s.f. Algunos tratamientos de escarificación de cuatro especies de leguminosas urbanas: *Cercis siliquastrum*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudo-acacia*, *Sophora japónica*.  
[http://www.dipualba.es/iea/publicaciones/Sabuco/resumenes/numero3/estudio\\_anatomico\\_especies\\_vegetales.htm](http://www.dipualba.es/iea/publicaciones/Sabuco/resumenes/numero3/estudio_anatomico_especies_vegetales.htm)  
Fecha último acceso 29/3/05
- TAYLOR, V. 2000. Gorse Control Tactics and Strategy for Jughandle State Reserve.  
[http://www.dharmacloud.com/Gorse/Documents/gorse\\_control\\_tactics.htm](http://www.dharmacloud.com/Gorse/Documents/gorse_control_tactics.htm)  
Fecha último acceso 27/3/05
- UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA (URUGUAY) FACULTAD DE AGRONOMIA.  
1997. Forrajeras. Tomo II. Montevideo, Facultad de Agronomía. 153 p.