

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE LA EXÓTICA INVASORA  
*Gleditsia triacanthos* L. EN UN BOSQUE RIBEREÑO**

**por**

**Iván Gabriel RIZZO MARTÍN**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2019**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Lic. (MSc.) Carolina Toranza

-----  
Ing. Agr. (MSc.) Iván Grela

-----  
Ing. Agr. Andrés Baietto

Fecha: 23 de julio de 2019

Autor:

-----  
Iván Gabriel Rizzo Martín

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa UPM-Forestal Oriental y al Departamento de Producción Forestal y Tecnología de la Madera, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, por hacer posible este importante proyecto.

A la Lic. (MSc.) Carolina Toranza, al Ing. Agr. (Dr.) Gustavo Daniluk, al Ing. Agr. (MSc.) Iván Grela y al Ing. Agr. Andrés Baietto, por su destacada profesionalidad, por acompañarme y guiarme durante el proceso de realización de este trabajo.

A la Ing. Agr. Ana De Armas y la Ing. Agr. Clara Morales, por acompañarme durante esta importante etapa de mi carrera.

Al Ing. Agr. (MSc.) Andrés Hirigoyen por guiarme durante el proceso de elaboración de este trabajo.

A la Ing. Agr. María José Garrido por aconsejarme a la hora de elegir la carrera de Ingeniería Agronómica.

A Marcos Dos Santos por ser un gran amigo y compañero del proceso de aprendizaje en la orientación Forestal.

A mis amigos y compañeros de la pasantía en la empresa UPM-Forestal Oriental, Gastón Bruzzone, Ana Laura Gutiérrez, Ana Laura Márquez y Rodrigo Arthus.

Al docente y amigo Sebastián Mármol por ser una gran persona y un gran compañero en la orientación Forestal.

Por último, agradecer a mi familia por enseñarme que la constancia y la perseverancia dan sus frutos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS: PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL .....	2
2.1.1. <u>Fenómeno de invasión</u> .....	4
2.1.2. <u>Arbóreas invasoras</u> .....	5
2.1.3. <u>Situación del bosque nativo y las invasiones                 arbóreas en Uruguay</u> .....	5
2.1.3.1. Impacto <i>Gleditsia triacanthos</i> L. en los bosques nativos de Uruguay .....	7
2.1.4. <u>Regeneración y dispersión de <i>Gleditsia triacanthos</i> L.</u> .....	8
2.1.5. <u>Antecedentes sobre el control de <i>Gleditsia triacanthos</i> L.</u> .....	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	10
3.1. EL ÁREA DE ESTUDIO.....	10
3.1.1. <u>Especie de estudio</u> .....	13
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	14
3.2.1. <u>Materiales</u> .....	18
3.2.1.1. Delimitación de parcelas.....	18
3.2.1.2. Tratamientos 1, 2, 3 y 4. ....	18
3.2.1.3. Lanza aplicadora de cápsulas de herbicida (EZ-JECT™) .....	19
3.2.2. <u>Principios activos utilizados y efecto en el organismo vegetal</u> .....	20
3.3. ANÁLISIS DE DATOS .....	22
4. <u>RESULTADOS</u> .....	23
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	29
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	31

7. RESUMEN .....32

8. SUMMARY .....33

9. BIBLIOGRAFÍA .....34

10. ANEXOS .....40

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Cantidad de individuos de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. por tratamiento y total de individuos del ensayo.....	15
2. Número de árboles tratados según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) en el tratamiento 1 (anillado).....	16
3. Número de perforaciones en el fuste según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) y gramos de principio activo aplicado.....	16
4. Número de cápsulas aplicadas según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) y gramos de principio activo aplicado.....	17
5. Tabla de contingencia del ensayo para los cuatro tratamientos y el testigo.....	25
Figura No.	
1. Mapa de ocurrencia de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. en las parcelas del Inventario Forestal Nacional (2014-2016).....	8
2. Mapas de la ubicación del establecimiento Arteaga en el departamento de Florida, y detalle del área resaltando el Arroyo del Potrero.....	10
3. Ubicación del ensayo de control de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. dentro del establecimiento Arteaga.....	11
4. Curvas de nivel dentro del Establecimiento Arteaga en el área de estudio.....	12

5. Precipitación efectiva acumulada mensual en la zona que comprende al Establecimiento Arteaga, durante los meses de evaluación de los tratamientos.....	13
6. Características de la especie <i>Gleditsia triacanthos</i> L.....	14
7. Esquema de parcela modelo mostrando como se estima el sombreado de copa de cada árbol.....	18
8. Fotos ilustrativas de la lanza aplicadora de cápsulas de herbicida (EZ-JECT™), mostrando detalle de las cápsulas.....	19
9. Diagrama de cajas comparando la mortalidad entre los cuatro tratamientos del ensayo y el testigo.....	23
10. Porcentaje de mortalidad de individuos de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. en los cuatro tratamientos y el testigo, en la última evaluación del ensayo (28 de diciembre de 2018) .....	24
11. Porcentaje de mortalidad de individuos de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. según clase de CAP para los tratamientos 1 (anillado) y 2 (taladro) .....	26
12. Porcentaje de mortalidad de individuos de <i>Gleditsia triacanthos</i> L. según clase de CAP para los tratamientos 3 y 4 (lanza) .....	27

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el trabajo final de carrera exigido para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República.

El texto a continuación describe la capacidad de invasión de la especie exótica *Gleditsia triacanthos* L. en el monte nativo de Uruguay, y presenta la evaluación de diferentes métodos y productos químicos para el control de esta especie. En este estudio se comparan métodos de control clásico para el manejo de esta especie como la aplicación de herbicida con taladro vs. anillado; así como la evaluación de un método innovador para Uruguay: la lanza aplicadora (EZ-JECT™) de cápsulas de herbicida. Este equipo ha sido importado por primera vez en Uruguay con el fin de incorporarlo al control de invasiones de especies leñosas en un predio forestal.

Este trabajo se enmarca en un Acuerdo de Asistencia Técnica entre el Departamento de Producción Forestal y Tecnología de la Madera y la empresa UPM-Forestal Oriental.

El objetivo general del estudio es evaluar la efectividad y eficiencia de distintos métodos (lanza, anillado y taladro) y productos químicos (glifosato, imazapyr y triclopyr) para controlar la invasión de *Gleditsia triacanthos* L. a orillas del Arroyo del Potrero, en Parada Arteaga, Florida. Los objetivos específicos son: 1) comparar la efectividad y eficiencia para el control de *Gleditsia triacanthos* L. de dos métodos de control clásicos, taladro y anillado, y un método innovador para Uruguay, la lanza aplicadora y; 2) comparar la efectividad de dos productos químicos inyectados en forma de cápsula (glifosato e imazapyr) para la eliminación de *Gleditsia triacanthos* L..



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS: PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL

Las especies nativas hacen referencia a un conjunto de organismos o poblaciones que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica), presentando miles de años de coevolución con otras especies y con el ambiente en cuestión (FAO, 2007). Según UICN (2000) se considera a la especie nativa o indígena como: *“Especie, subespecie o taxón inferior presente dentro de su zona natural (actualmente o en el pasado) y posibilidad de dispersión (es decir, dentro de la zona que ocupa naturalmente o que podría ocupar sin la introducción directa o indirecta o la acción de los seres humanos)”*. En cambio, las especies exóticas, son organismos introducidos que se localizan fuera de su área de distribución geográfica. Según UICN (2000) se entiende por especie exótica a la *“especie, subespecie o taxón inferior presente fuera de su zona natural (actualmente o en el pasado) y posibilidad de dispersión (es decir, fuera de la zona que ocupa naturalmente o que podría ocupar sin la introducción directa o indirecta o la acción de los seres humanos)”*. Por otro lado, *“una especie exótica invasora es aquella que no es nativa de un lugar, que se manifiesta como resultado de la intervención humana y que se propaga naturalmente en ese lugar mostrando una clara expansión, generando cambios estructurales y funcionales en el ecosistema”* (UICN, 2000).

Los problemas ambientales originados por las especies exóticas invasoras (EEI) son principalmente de origen antrópico y actualmente su dispersión se ha acelerado a causa de la globalización (Martino 2006, Vila et al. 2008, GeoUruguay 2008). Las invasiones biológicas junto con la pérdida de hábitats son consideradas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (Sala et al. 2000, Simberloff et al. 2003). En particular, los servicios ecosistémicos, fundamentales para el sustento y el desarrollo humano son afectados por las invasiones biológicas (D’antonio et al., 2001).

La introducción de especies exóticas se puede clasificar como voluntaria o accidental. La introducción voluntaria se lleva a cabo de forma deliberada por el ser humano y generalmente con fines económicos (ejemplo: consumo, deportivo, estético, paisajístico o cultural), y la introducción accidental tiene como principales vectores al turismo y al comercio nacional e internacional (Carlton y Geller 1993, Holmes 2009). Según UICN (2000) el aumento y desarrollo de estas actividades ha generado la ruptura de barrera biogeográficas naturales a la introducción de especies.

A nivel mundial hay numerosos estudios acerca de estimaciones de costos de control y daños ocasionados por las especies exóticas invasoras

(Simberloff, 2003). Se estima que las pérdidas y el manejo de especies exóticas tiene un costo anual de 400 mil millones de dólares americanos (Gutiérrez, 2006). En EEUU las EEI generan pérdidas de 120 mil millones de dólares anuales, por medio de daños y alteración de los ecosistemas (Pimentel et al., 2004). Estudios relativamente recientes reportaron aproximadamente 97 billones de dólares en daños generados por 79 especies exóticas durante el periodo de 1906 hasta 1991 (Pimentel et al., 2004). Por ejemplo, en Norteamérica se ha registrado que la hierba semi-acuática exótica *Lythrum salicaria* L., generó 45 billones de dólares en pérdida de pasturas y costos para su control (Pimentel et al., 2004). Paralelamente, se ha cuantificado que los roedores de género *Rattus* sp. han generado pérdidas de 19 mil millones de dólares, en granos, en Norteamérica (Simberloff, 2003). Hoy en día se estima la existencia de un roedor de esta especie por habitante de EEUU (Simberloff, 2003). Por otra parte, se ha señalado que la detección temprana de malezas exóticas en Australia le ahorraría a esta economía un total de 1,67 mil millones de dólares en 50 años (Simberloff, 2003).

En Uruguay existen múltiples especies exóticas invasoras de distintos grupos taxonómicos, que generan importantes daños tanto a los ecosistemas naturales, así como a la producción agropecuaria. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se dispone de estimaciones de pérdidas económicas por daños, ni de los costos de su manejo. No obstante, se han estimado pérdidas económicas por especies exóticas acuáticas, como es el caso de los organismos planctónicos vinculados a las “mareas rojas” (MVOTMA. CNEEI, 2010). La estimación del impacto económico fue de 902 mil dólares entre los años 1991 y 1997, ocasionado por no poder comercializar mejillones a nivel local (MVOTMA. CNEEI, 2010). Se pudo constatar que la introducción de dichos organismos fue por medio del agua de lastre de los barcos (MVOTMA. CNEEI, 2010). En estudios llevados a cabo por Brugnoli et al. (2003), se presentan datos de gastos ocasionados por especies acuáticas invasoras. Se estimó que los gastos sufridos por cada empresa afectada rondaron los 10 mil dólares, y contabilizando las empresas en su totalidad se estaría hablando de un valor de 70 mil dólares (Brugnoli et al., 2003). Estos gastos se calcularon en relación al cambio de estructuras dañadas, reparación de equipos, aumento del mantenimiento habitual, mayor consumo energético para el bombeo de agua, programas de control y eliminación de los organismos acuáticos invasores (Brugnoli et al., 2003). En Uruguay, como también ocurre a escala global, se detectó la presencia de especies exóticas invasoras en ecosistemas nativos (Escudero 2004, Nebel y Porcile 2006, MVOTMA 2016). Las EEI son la principal amenaza para la biodiversidad en Uruguay (MVOTMA, 2016). Esto ha dado lugar a la implementación de numerosos proyectos sobre control y prevención del establecimiento de dichos organismos exóticos (Escudero 2004, Nebel y Porcile 2006, MVOTMA 2016). Además de las EEI, en Uruguay existen otras fuentes de

presión que afectan la biodiversidad, como el uso no sostenible de los recursos naturales y la pérdida y fragmentación de hábitats (MVOTMA, 2016).

### 2.1.1. Fenómeno de invasión

Los principales factores asociados a la invasión de especies exóticas son: la presión de propágulos, la invasividad y la invasibilidad (Lonsdale 1999, Davis 2001, Carvallo 2009).

La presión de propágulos hace referencia a la frecuencia de los eventos de introducción de organismos de una especie exótica y al número de propágulos en dichos eventos (Lonsdale 1999, Davis 2001, Carvallo 2009). La presión de propágulos también se asocia al tiempo de residencia que tiene una población exótica, ya que a medida que se incrementa la población adulta aumenta, la producción y el banco de semillas (Rejmanek et al., 2005). Generalmente existe mayor presión de propágulos en zonas cercanas a centros poblados, como consecuencia del aporte de semillas provenientes del arbolado urbano (MVOTMA. CNEEI, 2015).

La invasividad se refiere a determinadas características que debe presentar una especie para ser exitosa en propagación y establecimiento (Lonsdale 1999, Davis 2001, Carvallo 2009). Algunas características de las especies que definen el éxito invasor son: crecimiento rápido, tolerancia al estrés y a las perturbaciones, mayor eficacia en el uso de los recursos y una mayor producción de néctar que las especies nativas, síndrome de dispersión (Vila et al. 2008, MVOTMA. CNEEI 2015). Mientras mayor sea la presión de propágulos de la especie exótica, generalmente asociado a la producción de semillas, o su capacidad de propagación vegetativa, mayor será la probabilidad de que logre invadir un ecosistema (MVOTMA. CNEEI, 2015). Asimismo, el síndrome de dispersión es un pilar de la capacidad invasora de una especie (MVOTMA. CNEEI, 2015). Por ejemplo, especies cuyas semillas pueden ser dispersadas de múltiples formas (zoocoria, hidrocoria, etc.), como es el caso de la especie invasora *Gleditsia triacanthos* L., tienen un mayor potencial invasor que otras especies (MVOTMA. DINAMA, 2014). Otras leñosas invasoras presentan frutos carnosos, muy atractivos para la fauna. Este es el caso de especies invasoras como: *Ligustrum spp.*, *Lonicera japónica* Thunb., *Morus alba* L. y *Rubus ulmifolius* Schott, cuya principal estrategia de dispersión es por medio de aves (MVOTMA. CNEEI, 2015). Otras EEl tienen gran capacidad de dispersión mediante el viento (anemocoria), como, por ejemplo, plátanos y pinos (MVOTMA. CNEEI, 2015).

La invasibilidad se define como el grado de susceptibilidad del ecosistema a ser invadido por especies exóticas (Lonsdale 1999, Davis 2001, Carvallo 2009). Las características de un ecosistema que lo hacen más propenso a ser invadido por especies exóticas son: el decrecimiento de la cantidad y

calidad de especies nativas de la zona, debido a la tala y quema del monte autóctono; el bosque nativo es el hábitat natural de varios géneros de especies de aves que consumen y dispersan semillas exóticas; cercanía a cursos de agua generando un ambiente sin estrés hídrico y favoreciendo la dispersión en momentos de inundaciones; y la introducción de propágulos, en frecuencia y cantidad a la zona por parte de plantaciones ornamentales y productivas (MVOTMA. CNEEI, 2015).

### 2.1.2. Arbóreas invasoras

Las arbóreas invasoras son especies leñosas, generalmente de gran porte, que presentan aptitud biológica para desplazar especies e invadir ecosistemas nativos (Vila et al., 2008).

A nivel mundial, dentro de las principales arbóreas invasoras se encuentran: *Ligustrum sp.*, *Pinus pinaster* Lemmon, *Acacia sp.* y *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Mimosa pigra* L., *Cecropia peltata* L., *Cinchona pubescens* Vahl, entre otras (Lowe, 2004).

En Uruguay se encuentran invadiendo el bosque nativo: *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton, *Ligustrum sinense* Lour., *Pinus pinaster* Lemmon y *Acacia sp.* (MVOTMA. CNEEI, 2010). Generalmente la especie *Ligustrum sp.* se localiza invadiendo el bosque ribereño y de quebrada (MVOTMA. CNEEI, 2010). En el caso de *Pinus pinaster* y *Acacia sp.* se constata la invasión en áreas costeras, desplazando la flora y fauna nativa asociada a las dunas de arena (MVOTMA. CNEEI, 2010). También tienen comportamiento invasor otras especies del género *Pinus* que invaden el bosque nativo y zonas bajas, como *Pinus elliottii* Engelm. y *Pinus taeda* L. (MVOTMA. CNEEI, 2010). Estas coníferas son plantadas en grandes extensiones en Uruguay (FAO, 2007), generando una gran producción de semillas que a futuro se reflejará en nuevos individuos en zonas ajenas a los rodales productivos. Además de las especies y géneros mencionados anteriormente, en Uruguay se encuentra invadiendo el monte nativo especies como: *Gleditsia triacanthos* L., *Populus alba* L., *Fraxinus sp.*, *Morus sp.*, *Rubus sp.*, entre otras (MVOTMA. CNEEI, 2010).

### 2.1.3. Situación del bosque nativo y las invasiones arbóreas en Uruguay

La superficie terrestre de Uruguay es de 176.251 km<sup>2</sup>, de los cuales actualmente el 66% son pastizales (natural, fertilizado, mejorado o implantado) y alrededor de un 4,77% está ocupado por bosque nativo (Baeza et al., 2014).

En Uruguay el bosque nativo se encuentra protegido por la Ley Forestal No. 15.939 decretada en el año 1987. Dicha ley prohíbe la tala del bosque nativo, con la salvedad de utilizar sus productos para consumo propio del establecimiento o cuando se cuenta con un plan de manejo del bosque nativo aprobado por MGAP. DGF (SPF, s.f.). Esta Ley ha sido uno de los factores

importantes que determinaron el aumento en superficie del bosque autóctono del país, pasándose de 667.000 ha en la década del noventa a 850.000 ha en el año 2014 (SPF, s.f.).

Según Brussa y Grela (2007), la clasificación más utilizada para los bosques en Uruguay se basa en características topográficas, debido a que generalmente las especies son compartidas entre distintos tipos de bosques. Los principales tipos de bosques son: ribereños, serranos, de quebrada, parques y psamófilos; siendo los dos primeros los de mayor importancia en Uruguay.

En el mundo los bosques sufrieron importantes cambios provocados por el ser humano y Uruguay no fue la excepción (Búrmida, 2011). Algunos estudios muestran que a partir de 1960 los bosques nativos no presentaron decrecimiento, y se podría estimar un aumento en superficie de 2,7% a 3,7% (GeoUruguay, 2008). El monte nativo, generalmente el ribereño y serrano, abastecieron de leña y madera (carpintería rural generalmente) a la población desde fines de siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, generando esto la alteración cuantitativa y cualitativa del monte nativo (Búrmida, 2011). Dentro de los factores que comprometen la integridad ecológica del monte nativo, se encuentra el pastoreo y pisoteo del ganado vacuno, la tala rasa para la construcción de puentes y carreteras, y la ampliación de zonas de cultivos (GeoUruguay, 2008).

En lo que refiere a la introducción de especies exóticas en Uruguay, en 1605 se encuentran los primeros registros de introducción de especies exóticas al país, como es el caso de los frutales (durazneros, higueras, membrillos, limoneros, etc., Búrmida, 2011). En el siglo XVIII llegaron las especies forestales y ornamentales, como los robles, acacias, álamos, pinos entre otros (Búrmida, 2011). A mediados del siglo XIX se llevó a cabo el cultivo de eucalipto (Búrmida, 2011), debido a su alta velocidad de crecimiento, que en la actualidad se cultiva masivamente. La colonización de las EEI en el bosque nativo comenzó en los inicios del siglo XX, debido a que se plantaron especies arbóreas exóticas por su mayor valor maderero, mayor velocidad de crecimiento y por la idea de que el mejor lugar para plantar era donde ya existían especies leñosas (Brussa y Grela, 2007). Se creía que, con realizar esta actividad, se lograría mejorar cualitativamente y cuantitativamente el bosque nativo (Brussa y Grela, 2007).

En la actualidad, las invasiones biológicas son identificadas como una de las más graves amenazas al bosque nativo de Uruguay (Escudero 2004, Nebel y Porcile 2006). Las leñosas invasoras que predominan en los montes nativos son: *Gleditsia triacanthos* L., *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton, *Ligustrum sinense* Lour., *Populus alba* L., *Fraxinus* sp, *Morus* sp. y *Rubus* sp. (MVOTMA. CNEEI, 2010). En el caso de la especie *Ulex europaeus* Brot. ("El tojo") invade generalmente praderas ocasionando pérdidas económicas, no cuantificada en la actualidad, al sector ganadero y agrícola (MVOTMA. CNEEI, 2010). No obstante, también se

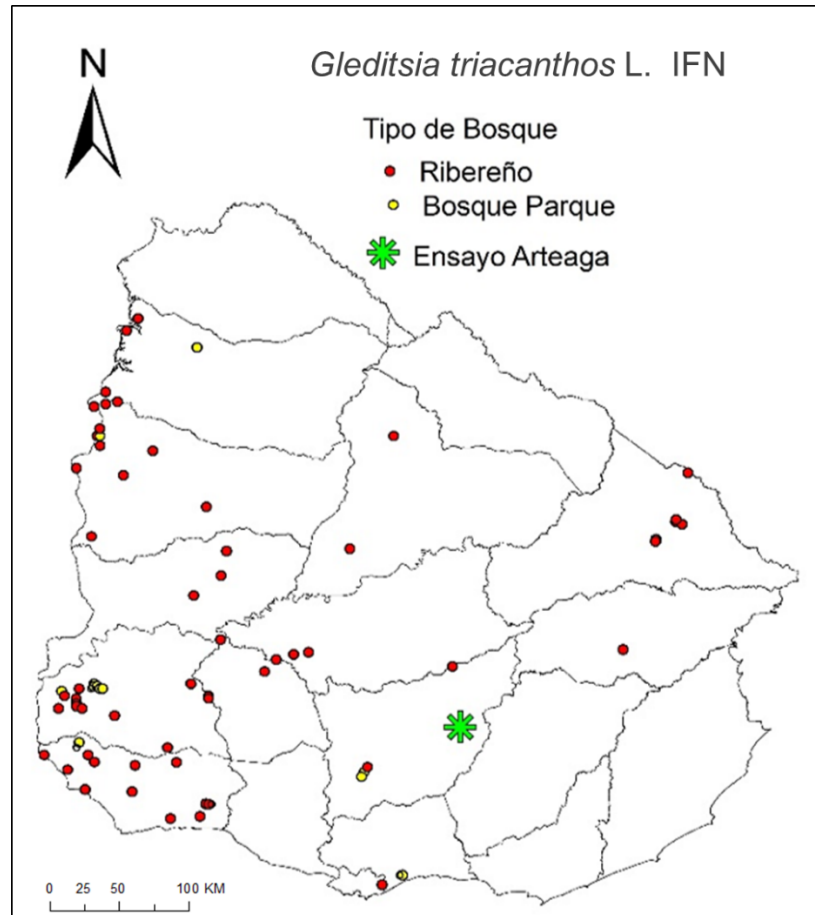
ha registrado al Tojo formando parte del sotobosque en montes nativos (MVOTMA. CNEEI, 2010).

A nivel estatal, en Uruguay se destaca la importancia del problema generado por las especies exóticas invasoras (MVOTMA. CNEEI, 2015). En el año 2005, se formó el Comité Nacional de Especie Exóticas Invasoras (CNEEI) en el marco de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y del MVOTMA (MVOTMA. CNEEI, 2015). El CNEEI está conformado por especialistas y miembros representantes de organizaciones públicas y privadas (MVOTMA. CNEEI, 2015). El CNEEI lleva a cabo diferentes actividades, destacándose la formulación de una Estrategia Nacional, varios talleres, publicaciones y una consultoría por solicitud del Proyecto Biodiversidad para la implementación del Plan Nacional de Manejo de las especies exóticas leñosas invasoras (MVOTMA. CNEEI, 2015).

#### 2.1.3.1. Impacto *Gleditsia triacanthos* L. en los bosques nativos de Uruguay

Una de las principales arbóreas invasoras presentes en Uruguay es *Gleditsia triacanthos* L., comúnmente llamada “Espina de cristo” o “Acacia negra” (Nebel y Porcile 2006, Sosa et al. 2015). Esta especie se desarrolla principalmente en zonas bajas en proximidades a los cursos de agua, y por lo tanto es una de las principales invasoras de los bosques ribereños, fundamentalmente en el litoral oeste de Uruguay (Carvajales, 2013). Sobre el impacto que genera *G. triacanthos* L. en el monte nativo, se han encontrado varios informes y diversas publicaciones en Uruguay (Brugnoli et al. 2003, Nebel y Porcile 2006, Piaggio y Delfino 2009, MVOTMA. DINAMA 2014, Sosa et al. 2015). Esta especie genera el desplazamiento de las especies nativas, llegando incluso a la sustitución total (MVOTMA. DINAMA, 2014), generando pérdida de calidad y biodiversidad natural a escala local. No solo se evidencia la sustitución del monte nativo, sino que también invade zonas de pastizales naturales, generando pérdida de zonas de alto potencial ganadero y agrícola (MVOTMA. CNEEI, 2010).

En Uruguay la especie fue introducida de forma voluntaria con fines ornamentales; para sombra en parques, jardines y calles; para producción de madera y debido a su condición de leguminosa (Nebel y Porcile, 2006). Nebel y Porcile (2006) reportaron la presencia de *Gleditsia triacanthos* L. en los departamentos de: Canelones, Colonia, Florida, Montevideo, Paysandú, Río Negro, Salto, San José y Soriano. Más recientemente, en los muestreos del Inventario Forestal Nacional también se registró su presencia en los departamentos de: Tacuarembó, Cerro Largo, Treinta y Tres, Durazno y Flores, como se muestra en el siguiente mapa (Figura 1).



Se indica la ubicación del sitio de estudio en el Arroyo del Potrero, Parada Arteaga, Florida.

Figura 1. Mapa de ocurrencia de las parcelas del Inventario Forestal Nacional (2014-2016).

Fuente: MGAP. DGF (s.f.).

#### 2.1.4. Regeneración y dispersión de *Gleditsia triacanthos* L.

Es importante destacar la elevada capacidad de *Gleditsia triacanthos* L. para colonizar nuevas áreas, debido a su abundante producción de semillas y gran capacidad de germinación (Marco y Páez, 2000). En Uruguay, el ganado cumple un rol muy importante en la dispersión de esta especie. Las vainas de *G. triacanthos* L. son altamente palatables por contener altos niveles de proteína cruda, carbohidratos solubles en agua y extracto al éter (lípidos), por ende, presenta buenas cualidades alimenticias para los animales (Kamalak et al., 2012). Además, es importante destacar el aumento del porcentaje de germinación ocasionado por la escarificación de las semillas dentro del rumen del animal (Colombo Speroni y de Viana, 1998). También se destaca la dispersión

por hidrocoria en zonas próximas a cursos de agua durante las inundaciones (MVOTMA. DINAMA, 2014).

#### 2.1.5. Antecedentes sobre el control de *Gleditsia triacanthos* L.

Los principales métodos de control de *Gleditsia triacanthos* L. son la extracción de frutos y semillas, extracción mecánica de árboles y control químico con herbicida (Nebel y Porcile, 2006). Concretamente en cuanto al control químico, en Argentina se usa el herbicida togar BT (Di Marzio et al., 2009), y en Uruguay se realiza anillado del fuste de los árboles, donde luego se aplican distintas diluciones de glifosato o Tordon® (Sosa et al., 2015). Asimismo, estudios realizados sobre el control de *Gleditsia triacanthos* L. en el Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay constataron que la perforación del fuste o tronco con taladro y posterior aplicación de herbicidas es la medida de control que genera mejores resultados en porcentaje de mortalidad, determinado por un 66% en el tratamiento con Tordon® y por un 60% en el tratamiento con glifosato (Sosa et al., 2015). Esta alternativa de control no solo genera buenos resultados en mortalidad, sino que también reduce los efectos sobre el entorno, disminuye el impacto visual, y minimiza el tiempo y los costos de operación (Sosa et al., 2015). No obstante, su efectividad debe ser estudiada al menos dos años después de la aplicación, determinado esto por la gran capacidad de brotación frente al estrés ocasionado por el herbicida (Stanley et al., 2014).

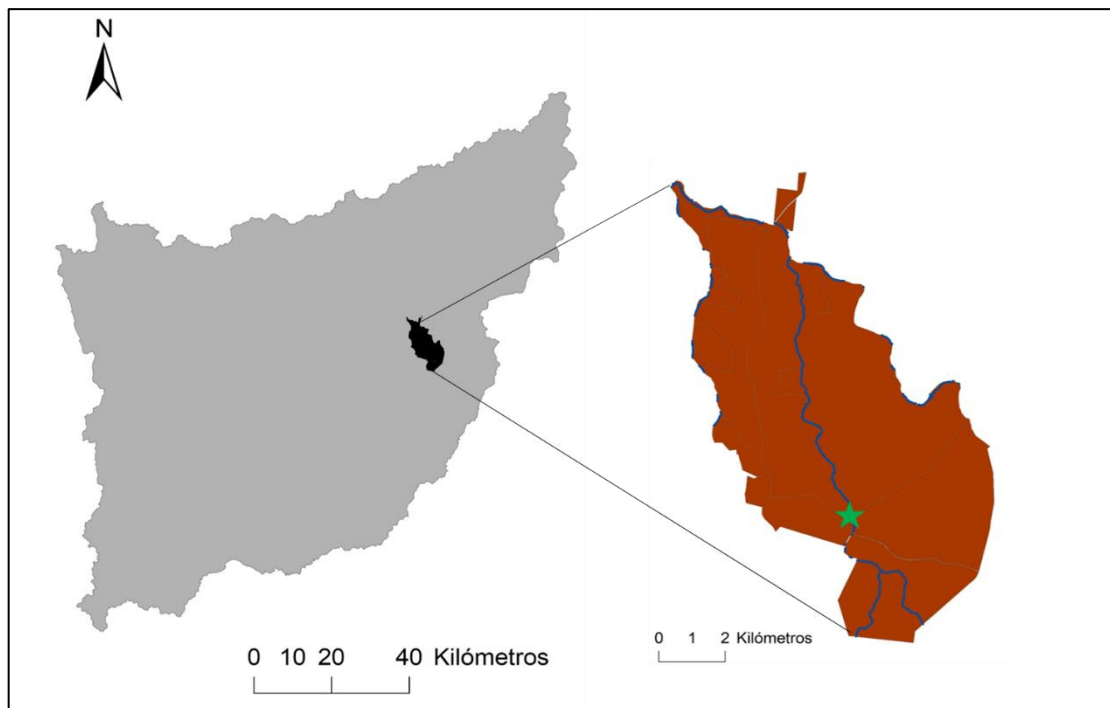
Como alternativa al método químico se encuentra: el sobrepastoreo, la extracción manual, las quemas controladas y la utilización de diferentes tipos de herramientas (chirqueras, motosierras, bordeadoras, palas y maquinaria vial). La efectividad de estos medios es limitada, cuando se aplican en forma individual o aislada, debido a que pueden contribuir a esparcir o diseminar la especie objetivo de control (Nebel y Porcile, 2006). El fuego y determinadas máquinas como topadoras y palas mecánicas pueden contribuir a escarificar la semilla, activándola, como sucede en el caso de las “acacias”, el “tojo” (*Ulex europeus* Brot.), la “espinas de cristo” (*Gleditsia triacanthos* L.) y otras semillas duras (Nebel y Porcile, 2006).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio donde se ha llevado a cabo el ensayo, en el establecimiento Arteaga, se localiza al este del departamento de Florida, próximo al Pueblo Alejandro Gallinal, en Parada Arteaga, a orillas del “Arroyo del Potrero” (coordenadas de Google Earth 33°44’00.29” S; 55°30’33.18” O). Dicha estación se encuentra ubicada en el kilómetro 175 de la ruta 7. A continuación se presenta un mapa con la ubicación del establecimiento Arteaga (Figura 2).



Se indica con una estrella de color verde la ubicación del ensayo a orillas del Arroyo del Potrero.

Figura 2. Mapas de la ubicación del establecimiento Arteaga en el departamento de Florida, y detalle del área resaltando el Arroyo del Potrero.

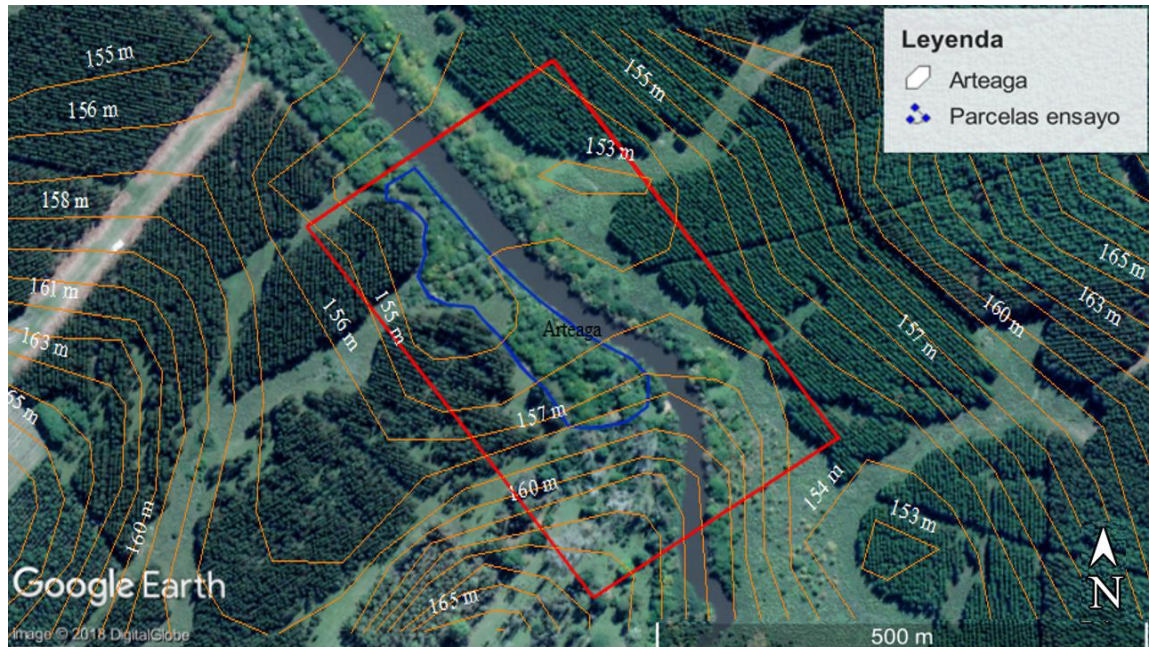
El establecimiento pertenece a la Caja de Profesionales, actualmente arrendado a largo plazo a la empresa UPM-Forestal Oriental. A continuación, se muestra una foto aérea del predio donde se instalaron las parcelas del estudio (Figura 3).



La línea roja delimita la zona dónde se encuentran las parcelas instaladas en el estudio.

Figura 3. Ubicación del ensayo de control de *Gleditsia triacanthos* L. dentro del establecimiento Arteaga.

En la Figura 4 se muestran las curvas de nivel de la zona de estudio y se destaca la ausencia de pendientes importantes. Sin embargo, existe una pequeña pendiente que permite el movimiento de agua del Arroyo del Potrero de Sureste a Noroeste. Cuando el arroyo sale de su cauce normal se transportan vainas de *Gleditsia triacanthos* L. en la misma dirección que el agua, fenómeno denominado hidrocoria (MVOTMA. DINAMA, 2014). El ensayo de esta tesis se localiza en la planicie de inundación del arroyo, siendo este lugar propicio para la invasión de *G. triacanthos* L. por existir baja probabilidad de estrés hídrico (Figura 4).



La delimitación azul hace referencia a la zona donde se ubican las parcelas y la delimitación roja corresponde a la escala con la que se trabajó en el programa Global Mapper (versión 18) para generar las curvas de nivel.

Figura 4. Curvas de nivel dentro del Establecimiento Arteaga en el área de estudio.

Las evaluaciones mensuales a campo se realizaron durante los meses de presencia de follaje en los árboles de *Gleditsia triacanthos* L., distribuidas en dos periodos. En la Figura 5 se muestra la precipitación efectiva de la zona de Florida donde se ubica el ensayo de esta tesis. En cuanto a la precipitación efectiva en la primera estación de crecimiento el máximo se registró en los meses de enero y abril, y el mínimo en febrero. En la segunda estación de crecimiento el mínimo se dio en el mes de octubre y el máximo en diciembre del 2018. Considerando el periodo entre diciembre 2017 y diciembre 2018 la precipitación efectiva varió entre un mínimo 20mm en el mes de febrero y un máximo de 160mm en diciembre del 2018.

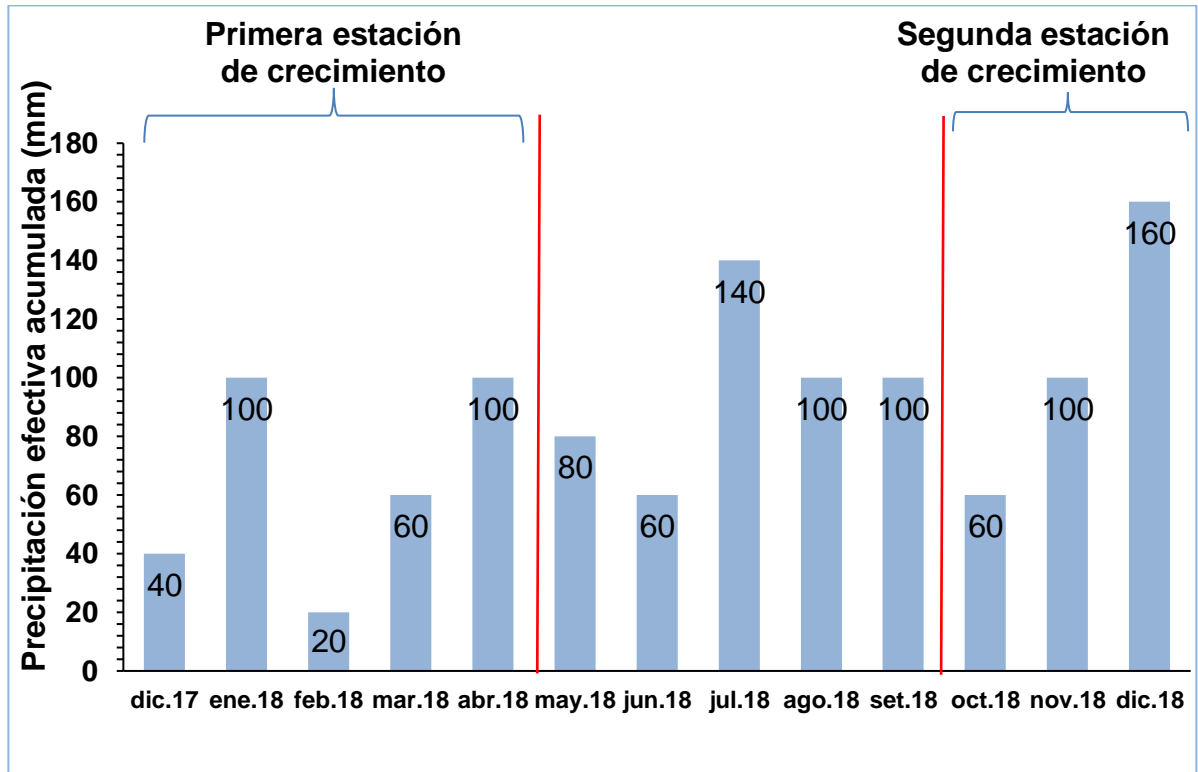


Figura 5. Precipitación efectiva acumulada mensual en la zona que comprende al Establecimiento Arteaga, durante los meses de evaluación de los tratamientos.

Fuente: elaborado en base a datos de INIA. GRAS (s.f.).

### 3.1.1. Especie de estudio

A continuación, se resumen algunas de las características de la exótica invasora *Gleditsia triacanthos* L. (Figura 6). La madera que produce este árbol presenta albura abundante de color claro, contrastando con el duramen de color castaño rosado o rojizo, con matices violáceos. La textura es mediana, relativamente homogénea y grano derecho. La densidad es de 0,6-0,7. Es una madera muy resistente, flexible y hendible, utilizándose en su país de origen (Estados Unidos) para carpintería rural y durmientes, siempre y cuando sea tratada, ya que a la intemperie no es muy durable. Vale destacar que esta madera presenta buenas cualidades para la utilización en interiores, pisos, marcos, puertas y ventanas (Nebel y Porcile, 2006).





<p><b><i>Gleditsia triacanthos</i></b> Linneaus, 1753</p>		<p><b>DISTRIBUCIÓN ORIGINAL:</b></p> <p>-Zona sureste de EEUU, cuenca del río Mississippi (Virginia).</p> 
<p><b>NOMBRE VERNÁCULO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Espina de cristo</li> <li>-Acacia negra</li> <li>-Acacia de tres espinas</li> <li>-Honey locust</li> </ul>		<p><b>DISTRIBUCIÓN EN URUGUAY:</b></p> <p>-Canelones, Florida, San José, Paysandú, Salto, Flores, Soriano, Montevideo, Río Negro, Colonia, Tacuarembó, Durazno, Cerro Largo, Treinta y Tres.</p> 
<p><b>CARACTERÍSTICAS GENERALES:</b> “Árbol de 10 a 25 m de altura. Corteza grisácea, rugosa con espinas rojizas. Hojas compuestas, pinnadas y bipinnadas con folíolos opuestos, elíptico-ovados de 10 a 20 cm. Flores unisexuales, pequeñas, verdosa-amarillentas, dispuestas en racimos axilares subpendulos. Fruto legumbre negra- amarronada, linear-comprimida, recta o falcada de 15 a 40 cm de largo. Semillas castañas, elipsoides-comprimida. Florece en noviembre-diciembre y fructifica de diciembre a marzo” (Gago et al., 2018).</p>		
<p><b>IMPACTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Invasión de ambientes.</li> <li>-Genera modificaciones cualitativas del bosque nativo.</li> <li>-Desplaza especies autóctonas.</li> </ul>		<p><b>INTRODUCCIÓN DE LA ESPECIE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Arbolado urbano.</li> <li>-Árbol para sombra.</li> <li>-Madera.</li> <li>-Ornamentación.</li> </ul>
<p><b>CONTROL:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Monitoreo y vigilancia.</li> <li>-Extracción mecánica.</li> <li>-Apeo.</li> <li>-Químico (herbicida).</li> </ul>		<p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fruto forrajero y comestible.</li> <li>-Contiene garrofina (goma vegetal).</li> <li>-Melífera.</li> <li>-Uso medicinal.</li> </ul>

Figura 6. Características de la especie *Gleditsia triacanthos* L..

Fuente: MGAP. DGF (s.f.), Nebel y Porcile (2006), Gago et al. (2018).

### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Con el fin de evaluar el primer y segundo objetivo de la tesis, entre noviembre de 2017 y diciembre de 2018 se desarrolló un ensayo donde se aplicaron los distintos métodos de control a ser evaluados. El ensayo fue instalado en la primavera de 2017, época de crecimiento de la especie y por ende momento en el que se encuentra con mayor actividad metabólica y mayor sensibilidad (Tu et al., 2001). Se realizaron visitas mensuales, exceptuando los meses invernales en los que la especie presenta una muy reducida actividad metabólica y no presenta hojas.

A orillas del Arroyo del Potrero, en áreas de alta densidad de *Gleditsia triacanthos* L., se instalaron aleatoriamente 15 parcelas circulares de 5 metros de radio (78,5m<sup>2</sup>). Se establecieron 4 tratamientos y un testigo, 3 parcelas para cada tratamiento (Cuadro 1). Las parcelas fueron identificadas según el tratamiento con aerosoles de colores, y dentro de cada parcela los árboles fueron identificados con un número y se midió su circunferencia a la altura del pecho (CAP). La cantidad de árboles de las parcelas se unificaron por tratamiento para trabajar con el número total de individuos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de individuos de *Gleditsia triacanthos* L. por tratamiento y total de individuos del ensayo.

No. de tratamiento	Tratamiento	No. de árboles
1	Anillado y aplicación de Garlon ® al 20%.	49
2	Perforación y aplicación de Garlon ® al 20% (0,294g de triclopyr) * <sup>1</sup> .	60
3	Lanza aplicadora de cápsula imazapyr (0,15g) * <sup>2</sup> .	31
4	Lanza aplicadora de cápsula glifosato (0,15g) * <sup>2</sup> .	19
5	Testigo (plantas sin tratar)	47
<b>Total de individuos</b>		<b>206</b>

\*<sup>1</sup> En cada perforación se inyectó 2,834 cm<sup>3</sup> (2,834 ml) de garlón al 20%, conteniendo 0,294 g de triclopyr (densidad Garlon ®:1,08 g/mL; 48% principio activo-triclopyr).

\*<sup>2</sup> Según análisis realizados a pedido de UPM-Forestal Oriental por el laboratorio LAAI-Paysandú (Laboratorio Analítico Agro Industrial) cada cápsula contiene 0,15 g de principio activo, tanto para imazapyr como para glifosato.

El tratamiento 1 consiste en el raspado con motosierra de la corteza alrededor del fuste (anillado) a 1m de altura y aplicación de Garlon ® al 20% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de árboles tratados según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) en el tratamiento 1 (anillado).

<b>Clase de CAP (cm)</b>	<b>No. árboles</b>
0-15	12
>15-30	17
>30-45	7
>45	13

El tratamiento 2 consiste en la perforación del fuste a 50 cm del suelo y posterior llenado del orificio con Garlon ® al 20%. Las perforaciones se hicieron con una inclinación de 45°, 4 cm de profundidad y 9,5 mm de diámetro. Se realizó una perforación cada 15 cm de CAP (Cuadro 3). En cada perforación se inyectó 2,834 cm<sup>3</sup> (2,834 ml) de garlón al 20%, conteniendo 0,294 g de principio activo (densidad Garlon ®:1,08 g/mL; 48% principio activo-triclopyr).

Cuadro 3. Número de perforaciones en el fuste según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) y gramos de principio activo aplicado.

<b>Clase de CAP (cm)</b>	<b>No. de orificio</b>	<b>Principio activo (g)</b>	<b>No. árboles</b>
0-15	1	0,294	32
>15-30	2	0.588	18
>30-45	3	0.882	10

La dosis de herbicida aplicada a cada árbol se calculó en función de su CAP. Los tratamientos 3 y 4 consisten en la utilización de la lanza, aplicando en la base del fuste de cada individuo una cápsula de herbicida cada 15 cm de CAP. En el Cuadro 4 se indica el número de cápsulas aplicadas según clases de CAP.

Cuadro 4. Número de cápsulas aplicadas según clase de circunferencia a la altura del pecho (CAP) y gramos de principio activo aplicado.

Clases de CAP (cm)	No. cápsulas	Principio activo (g)	No. de árboles	
			I*	g*
0-15	1	0,15	10	5
>15-30	2	0,30	12	8
>30-45	3	0,45	4	5
>45	4	0,60	5	1

\*Se indica el número de árboles para los tratamientos: 3 (i: imazapyr) y 4 (g: glifosato).

En cada visita, en todas las parcelas se procedió a la evaluación de copa adaptada del Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos (SSFEB, 1995), cuantificándose:

a) porcentaje de defoliación (nula [0-10] %, ligera [11-25] %, moderada [26-60] %, grave >61%, seco 100%);

b) porcentaje de decoloración (nula [0-10] %, ligera [11-25] %, moderada [26-60] %, grave >60%, seco 100%);

c) fructificación (ausente, común y abundante);

d) brotación de fuste (presencia/ausencia);

e) sombreado de copa (un lado, dos lados, tres lados y cuatro lados). Este indicador cuantifica la incidencia lumínica en el árbol evaluado, en función de la densidad de árboles de su entorno inmediato (Figura 7).



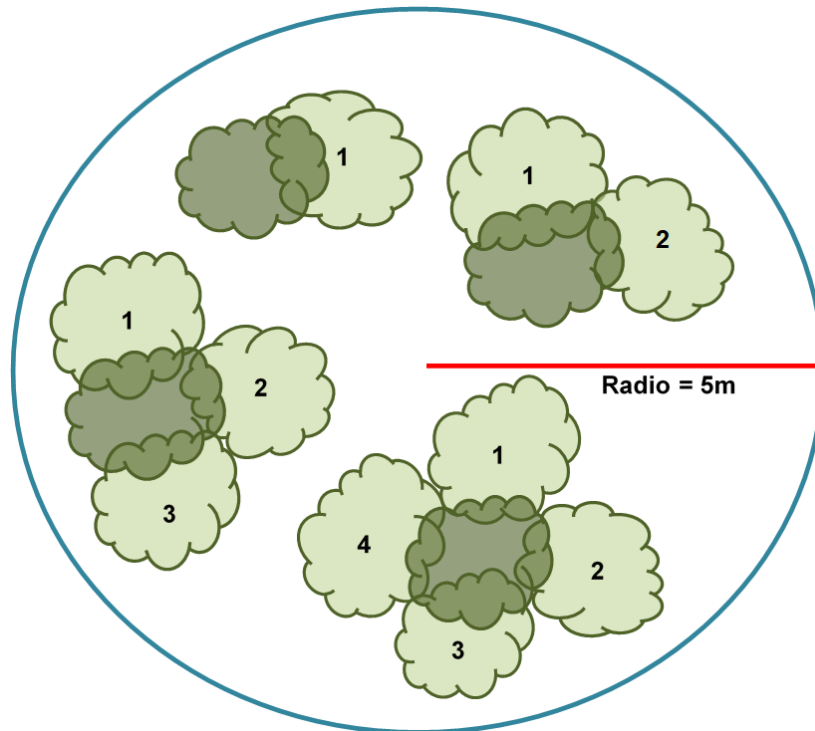


Figura 7. Esquema de parcela modelo mostrando como se estima el sombreado de copa de cada árbol.

### 3.2.1. Materiales

#### 3.2.1.1. Delimitación de parcelas

Para llevar a cabo la delimitación de parcelas circulares se utilizó una cinta métrica de 25m. A su vez se instalaron etiquetas numeradas de goma eva para identificar cada árbol. En cada árbol de las parcelas se procedió a medir su CAP con una cinta métrica. Para identificar las parcelas de distintos tratamientos, los árboles periféricos fueron marcados con spray de diferentes colores.

#### 3.2.1.2. Tratamientos 1, 2, 3 y 4.

En el tratamiento 1 se utilizaron motosierras para poder realizar el anillado del fuste a una altura de 1 m. Luego se aplicó Garlon® al 20% utilizando una pulverizadora (Figura 1, Anexo 2). Para el tratamiento 2 se utilizó un taladro

eléctrico para perforar el fuste a una altura de 50 cm desde el suelo y luego se aplicó Garlon ® al 20% con una pulverizadora (Figura 2, Anexo 2). En cuanto a los tratamientos 3 y 4, se usó la “lanza aplicadora de cápsulas de herbicida” (EZ-JECT™) (Figura 8), conteniendo cápsulas de imazapyr o cápsulas de glifosato (Figura 3, Anexo 2).

### 3.2.1.3. Lanza aplicadora de cápsulas de herbicida (EZ-JECT™)

La lanza aplicadora de cápsulas de herbicida (EZ-JECT™) (Figura 8) es un aparato altamente recomendado para el control de especies leñosas. Las especies leñosas son controladas por medio de la inyección de cápsulas de herbicidas (EZ-JECT™ Copperhead ®). El herbicida se transloca por todo el organismo (árbol, arbusto, etc.), desde el punto de inyección a todas las raíces y ramas. Generalmente los efectos ocasionados por el herbicida aparecen gradualmente (aproximadamente dentro de 2 a 4 semanas), comenzando con marchitamiento, coloración amarillenta y pardeamiento del follaje. Luego ocurre el deterioro y muerte, de los tejidos radiculares y de la parte aérea.



Figura 8. Fotos ilustrativas de la lanza aplicadora de cápsulas de herbicida (EZ-JECT™), mostrando detalle de las cápsulas.

Fuente: EZ-JECT™ (s.f.)

La inyección de herbicida mediante las cápsulas puede ser aplicada en sitios cercanos a cursos de agua, por ejemplo, en humedales. No obstante, no se debe llevar a cabo la inyección en tallos por debajo de nivel del agua. Estas deben penetrar a través de la corteza externa hacia el floema (tejido vivo) para que los resultados sean positivos. Se recomienda, según fabricante, la inyección de una cápsula para árboles de 2,5 pulgadas (6,35cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP), 20 cm de CAP aproximadamente. También se debe inyectar una cápsula cada 4 pulgadas (10,16 cm) de DAP, 31 cm de CAP aproximadamente, de forma uniforme alrededor del tronco del árbol, debajo de todas las ramas principales. Existen 2 tipos de cápsulas diferenciados por su contenido químico. Actualmente en el país han sido autorizados 2 tipos de principios activos para inyectar mediante estas cápsulas: glifosato e imazapyr. La cápsula de glifosato contiene 83,5 % de glyphosate, N-(phosphonomethyl) glycine, en forma de sal de isopropylamine y 16,5% de otros ingredientes. La cápsula de imazapyr contiene 83,5 % de imazapyr y 16,5 % de otros ingredientes. En ambas cápsulas el peso neto es de 0,03 ounce (0,95g), siendo parte de este peso la cápsula de metal (casquillo de calibre 22).

El producto controla, según el fabricante, diferentes especies arbóreas entre ellas: *Gleditsia triacanthos* L., *Fraxinus* sp, *Populus* sp, *Prunus* sp., *Morus* sp., *Ligustrum* sp., *Salix* sp., etc.

### 3.2.2. Principios activos utilizados y efecto en el organismo vegetal

Los principios activos utilizados en los tratamientos son: glifosato, imazapyr y triclopyr (Garlon®).

El glifosato se encuentra dentro de la familia química de las Glicinas y dentro del grupo de los principios activos inhibidores de la EPSP sintetasa (Martino, 1995). El principio activo afecta la síntesis de proteína, la formación de vitamina, ligninas, alcaloides y fenoles, los cuales se sustituyen en el citoplasma para trasladarse al cloroplasto (Martino, 1995). El glifosato inhibe la enzima EPSP (ácido – 5 –enolpiribil chiquímico, 3 fosfato sintetasa), que provoca la evolución del ácido chiquímico e inhibe la síntesis de aminoácidos como triptofano, tirosina y fenilolamina (Martino, 1995). Son herbicidas de amplio espectro (animales y personas), no selectivos y postemergente a la maleza (Martino, 1995). Es relativamente no persistente, de preferencia para el combate de malezas anuales y perennes (Tu et al., 2001). Su absorción es vía foliar y sus propiedades fisicoquímicas posibilitan su translocación vía floema (Martino, 1995).

El imazapyr se encuentra dentro de la familia química de las Imidazolinonas y dentro del grupo de los principios activos inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS, Diez de Ulzurrun, 2013). En el organismo vegetal afecta la síntesis de proteínas, aminoácidos de cadena ramificada (isoleucina, leucina y valina) y cambian la conformación de los mismos, al inducir su

precipitación o inhibiendo la acción enzimática de la acetolactato sintetasa (ALS, Diez de Ulzurrun, 2013). Esta acción genera cambios en el metabolismo al interrumpir la síntesis proteica e interfiere con la síntesis de ADN y el crecimiento celular (Diez de Ulzurrun, 2013). Las especies sensibles rápidamente detienen el crecimiento, dado que trabajan en las zonas meristemáticas (Diez de Ulzurrun, 2013). En las plantas tolerantes (perennes) el herbicida es transportado hasta los órganos subterráneos de almacenamiento, eliminándolos (Diez de Ulzurrun, 2013). Estos herbicidas son de absorción foliar y radical y son rápidamente transportados por la planta, tanto vía xilema como floema, acumulándose en las regiones meristemáticas (Diez de Ulzurrun, 2013). Luego de la aplicación la planta sufre detención del crecimiento, apareciendo los síntomas primero en las hojas y después en el resto de la planta, generando a futuro la muerte del organismo vegetal (Diez de Ulzurrun, 2013). La selectividad puede darse por detoxificación metabólica del herbicida a compuestos no tóxicos (Diez de Ulzurrun, 2013). Según Tu et al. (2001) las plantas controladas por el principio activo imazapyr son: gramíneas perennes, malezas de hoja ancha, viñas y zarzas.

El triclopyr (Garlon ®) se encuentra dentro de la familia química de los ácidos piridino – carboxílicos y dentro del grupo de los principios activos disruptores del crecimiento celular como lo son las auxinas sintéticas (Tu et al., 2001). En el organismo vegetal este principio activo interfiere en la síntesis de ácidos nucleicos, controlando la síntesis proteica en diferentes etapas, afectando la regulación de ADN durante la formación de ARN, efecto que puede ser alcanzado por la depresión de un gen o activación de ARN polimerasa, o simplemente afectar el mensaje del ARN a las proteínas (Diez de Ulzurrun, 2013). En general, se pierde el control del crecimiento por atrofia o malformación de los haces vasculares (Tu et al., 2001). El transporte ocurre vía simplasto con los asimilados de la fuente de producción a los órganos en consumo o almacenamiento y generalmente presentan baja residualidad (Diez de Ulzurrun, 2013). Además, el triclopyr es recomendado para el control de especies leñosas (Tu et al., 2001).

### 3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos a partir de las parcelas se unificaron por tratamiento (4 tratamientos y 1 testigo), y se procedió a trabajar con el número total de individuos tratados.

Dado que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, para evaluar las diferencias en la mortalidad de árboles entre tratamientos, se aplicaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ).

Asimismo, se realizaron análisis gráficos para comparar la efectividad de los tratamientos, las diferencias en mortalidad de distintas clases de CAP (para los tratamientos 2, 3 y 4) y la evolución temporal en la mortalidad de árboles a lo largo del período de estudio.

Los análisis estadísticos se realizaron en el programa Statistica (versión 10), y los análisis gráficos en el programa Statistica y el programa Microsoft Excel (versión 15.0)

#### 4. RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de árboles de *Gleditsia triacanthos* L. entre los tratamientos realizados K-W<sub>prueba</sub> (H (4, N=206) = 100,1; p<0,0001) y Chi cuadrado ( $\chi^2$  (4, N=206) = 100,5; p<0,0001). A continuación, se muestra un diagrama de cajas donde se compara la mortalidad entre los cuatro tratamientos y el testigo (Figura 9). Los dos tratamientos que mostraron efectividad en el control de *G. triacanthos* L. fueron el tratamiento de aplicación de Garlon® en el anillado y la inyección de cápsulas de imazapyr con la lanza (Figura 9).

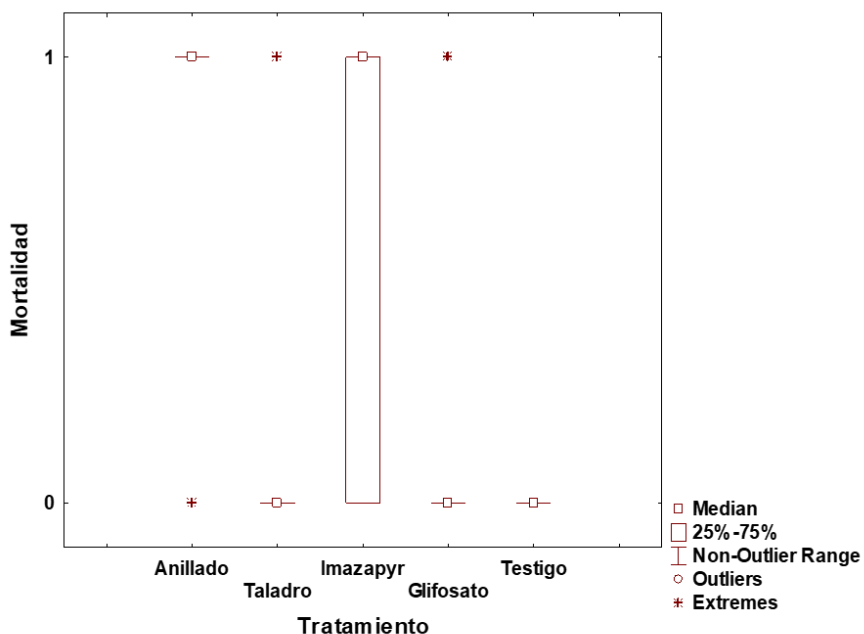


Figura 9. Diagrama de cajas comparando la mortalidad entre los cuatro tratamientos del ensayo y el testigo.

Comparando el porcentaje de mortalidad entre los 4 tratamientos y el testigo, se observa que la aplicación de Garlon® en el anillado presentó el porcentaje de mortalidad más alto, seguido por la aplicación de cápsulas de imazapyr con la lanza aplicadora (Figura 10). El tratamiento con taladro y las cápsulas de glifosato mostraron baja efectividad (Figura 10).

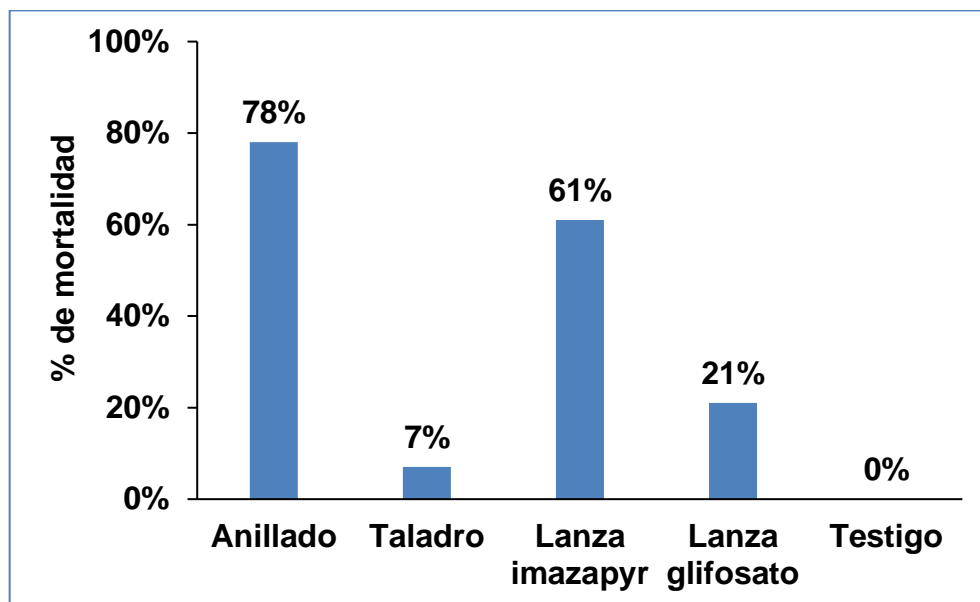


Figura 10. Porcentaje de mortalidad de individuos de *Gleditsia triacanthos* L. en los cuatro tratamientos y el testigo, en la última evaluación del ensayo (28 de diciembre de 2018).

Tanto en el caso del tratamiento de anillado como de la aplicación de imazapyr mediante la lanza, se observó una mortalidad mayor a la esperada, mientras que, en el caso del taladro, la aplicación de glifosato mediante la lanza y en el testigo, la mortalidad fue menor a la esperada (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tabla de contingencia del ensayo para los cuatro tratamientos y el testigo.

Tratamiento	Anillado	Taladro	Imazapyr	Glifosato	Testigo	Total
Mediana obs.	11,0000	56,0000	12,00000	15,00000	47,0000	141,0000
Mediana esp.	33,5388	41,0680	21,21845	13,00485	32,1699	
M. obs.- esp.	-22,5388	14,9320	-9,21845	1,99515	14,8301	
Mediana obs.	38,0000	4,0000	19,00000	4,00000	0,0000	65,0000
Mediana esp.	15,4612	18,9320	9,78155	5,99515	14,8301	
M. obs.- esp.	<b>22,5388</b>	<b>-14,9320</b>	<b>9,21845</b>	<b>-1,99515</b>	<b>-14,8301</b>	
<b>Total</b>	49,0000	60,0000	31,00000	19,00000	47,0000	206,0000

Atendiendo exclusivamente a los tratamientos donde se utilizó Garlon®, anillado y taladro, se destaca una amplia superioridad del anillado para el control de *Gleditsia triacanthos* L.. Dado que los árboles tratados mediante anillado presentaron un porcentaje de mortalidad 71% superior que los tratados mediante taladro (Figura 10).

En lo que refiere a la aplicación de herbicida mediante cápsulas con la lanza aplicadora, se destaca que en los árboles tratados con imazapyr se dio un 40% más de mortalidad que los árboles tratados con glifosato (Figura 10).

A continuación, se presenta el porcentaje de mortalidad de árboles de *Gleditsia triacanthos* L. por tratamiento, agrupando a los árboles por clases de CAP (Figuras 11 y 12). El tratamiento de anillado fue superior al del taladro en todas las clases de CAP (Figura 11). Por otra parte, la mortalidad de árboles tratados con cápsulas de imazapyr fue superior a la de los tratados con glifosato en todas las clases de CAP, a excepción de la clase de CAP >45, que estuvo representado por un único árbol (Figura 12).



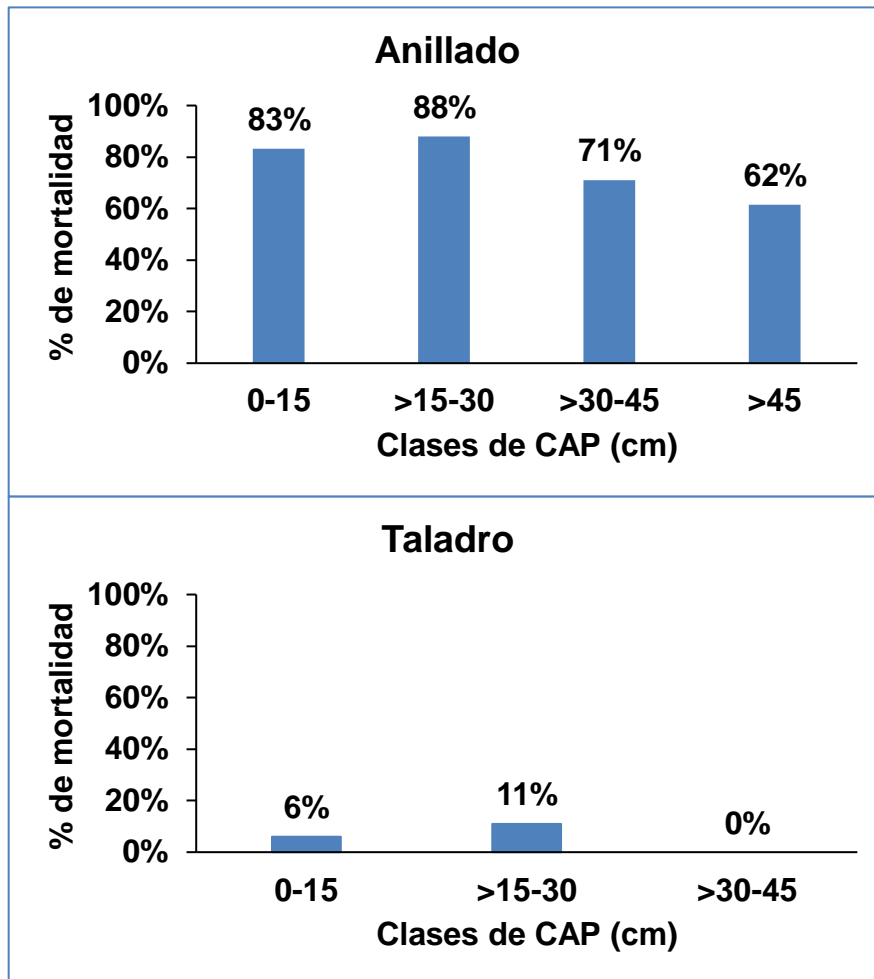


Figura 11. Porcentaje de mortalidad de individuos de *Gleditsia triacanthos* L. según clase de CAP para los tratamientos 1 (anillado) y 2 (taladro).

En el tratamiento con cápsulas de imazapyr se observa que las clases de CAP más pequeñas presentaron los valores más altos de mortalidad (Figura 12).

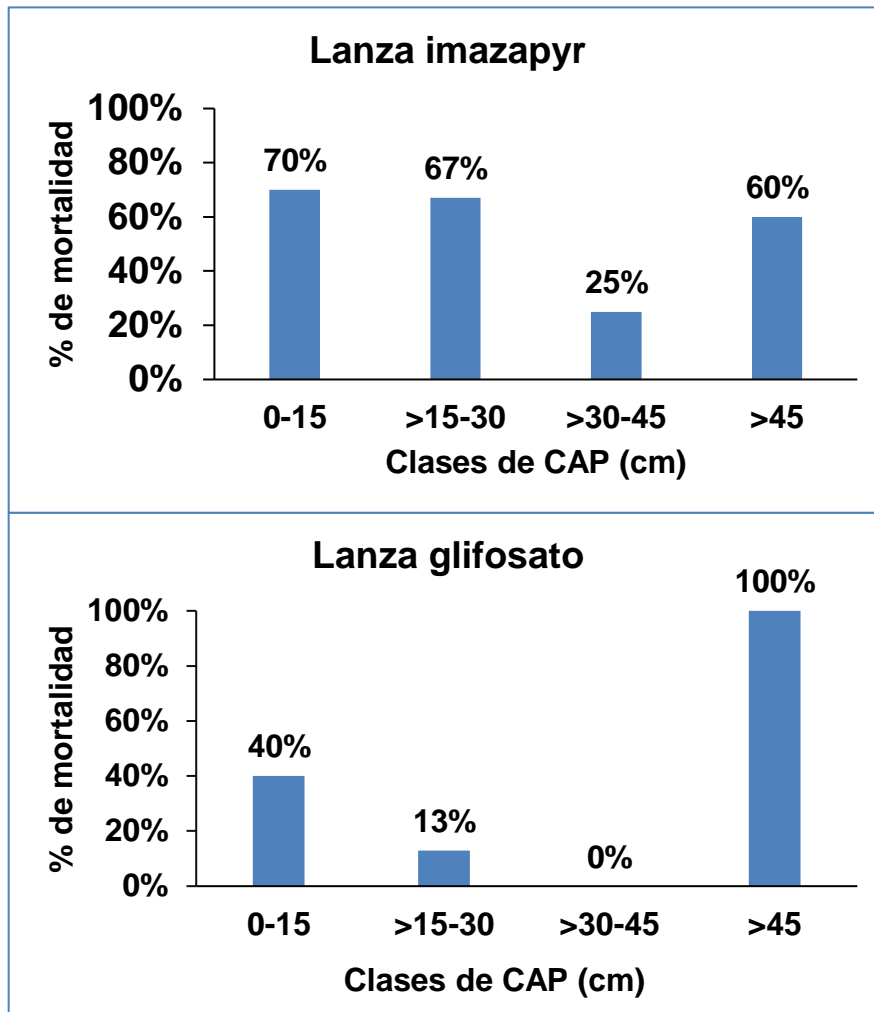


Figura 12. Porcentaje de mortalidad de individuos de *Gleditsia triacanthos* L. según clase de CAP para los tratamientos 3 y 4 (lanza).

En la Figura 1 del Anexo 1 se presenta la evolución temporal del porcentaje de mortalidad de árboles de *Gleditsia triacanthos* L. en las siete evaluaciones a campo para los cuatro tratamientos. En el caso del tratamiento con anillado la mortalidad ya superaba el 50% en abril, pero en los demás tratamientos se registró un aumento marcado de la mortalidad luego del periodo sin presencia de follaje, entre abril y octubre de 2018 (Figura1, Anexo 1). Destacándose el tratamiento con cápsulas de imazapyr, donde el aumento de la mortalidad entre abril y octubre de 2018 fue de 42% (Figura1, Anexo 1).

Debe mencionarse que sobre el final del estudio varios árboles de los tratamientos de cápsulas de imazapyr, de cápsulas de glifosato y de taladro

rebrotaron, lo que llevó a una caída del porcentaje de mortalidad en diciembre de 2018 (Figura1, Anexo 1). En los tratamientos con cápsulas la caída del porcentaje de mortalidad entre octubre y diciembre 2018 fue de 4%, y en el tratamiento con taladro fue de 5%.

En Anexo 1 (Cuadros 1, 2, 3 y 4) se presenta la evolución temporal de los indicadores del estado general de los árboles: porcentaje de mortalidad, defoliación, decoloración, fructificación y brotación, en las siete evaluaciones a campo para los cuatro tratamientos del ensayo. Se detalla el porcentaje de árboles en cada una de las categorías de los cinco indicadores medidos.

## 5. DISCUSIÓN

*Gleditsia triacanthos* L. es una de las arbóreas invasoras más extendidas en los bosques ribereños de Uruguay, y se encuentra listada dentro de las 42 especies exóticas invasoras identificadas por el Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras de la DINAMA (MVOTMA. CNEEI, 2014). En este trabajo se identificó un sitio punto de invasión de esta especie en el bosque ribereño del Arroyo del Potrero, que se añade a los relevados en el Inventario Nacional Forestal.

El predio de estudio presenta zonas con alto grado de invasión por *Gleditsia triacanthos* L., y concretamente en el área donde se instaló el ensayo de este estudio había una abundancia promedio de  $19,5 \pm 8.8$  árboles por parcela.

En este trabajo se evaluaron distintos métodos de control de *Gleditsia triacanthos* L., dos de ellos, anillado y perforación con taladro, ya habían sido utilizados anteriormente en el país (Sosa et al., 2015), y un método innovador, la lanza aplicadora de cápsulas de herbicida.

En este ensayo se obtuvo buen resultado en el método de anillado con Garlon ®, coincidiendo con lo reportado anteriormente respecto a este método para exóticas invasoras en Uruguay (Haretche y Brazeiro, 2018). Sin embargo, el tratamiento de perforación con taladro y aplicación de Garlon ® presentó un porcentaje de mortalidad muy bajo, no coincidiendo por lo reportado para esta especie en un ensayo realizado en Esteros de Farrapos (Sosa et al., 2015). Esto puede deberse a que se utilizó Garlon ®, a diferencia del estudio anterior donde se aplicaron glifosato y Tordon ®. También podría deberse a que los datos fueron recabados durante el primer año de aplicado el tratamiento y no a los dos años (Stanley et al. 2014, Sosa et al. 2015).

En cuanto a los tratamientos con la lanza e inyección con cápsulas de herbicida, el imazapyr resultó más efectivo que el glifosato. El bajo porcentaje de mortalidad en el caso de las cápsulas de glifosato podría estar vinculado a la baja dosis aplicada (0.15g de principio activo cada 15 cm de CAP). Según el análisis químico realizado por el laboratorio LAAL de Paysandú, otro factor que podría haber incidido es la baja residualidad de la forma de glifosato en las cápsulas.

El análisis químico mencionado en el párrafo anterior, rebeló que las cápsulas contienen una solución integrada por el herbicida (imazapyr o glifosato) y un gel determinado como una variedad de cera. Además, se constató que el gel presenta un bajo punto de fusión, por ende, cuando la temperatura es mayor a 30°C se generan problemas de retención de la solución en la cápsula. Esto es una limitante al momento de almacenar las cápsulas.

El método tradicional de anillado presenta alto riesgo ambiental, lo que se reduce con el uso del taladro (Sosa et al., 2015) y también con la utilización de la lanza. Además, el principio activo del Garlon® (triclopyr) utilizado en el tratamiento de anillado en este ensayo presenta: riesgo ecotoxicológico para las plantas circundantes a la especie a controlar, riesgo genotóxico potencial para lombrices de tierra y riesgo para organismos acuáticos como plantas y animales (Di Marzio et al., 2009).

Se observó un aumento del porcentaje de mortalidad en todos los tratamientos luego del período sin follaje. Las especies arbóreas caducas como *Gleditsia triacanthos* L., presentan un periodo de latencia donde el individuo se encuentra sin follaje (Augustí, 2004). Cuando el individuo entra en latencia (otoño) se inicia el incremento de la translocación de reservas (fotoasimilados y compuestos nitrógenados) y de la lignificación de la madera (Augustí, 2004). Junto con la translocación de las reservas, se transporta el herbicida afectando los órganos reservantes (Diez de Ulzurrun, 2013), lo que provoca la ausencia de brotación en primavera y eventualmente la muerte de los individuos.

Durante las evaluaciones mensuales se detectó que entre los meses de octubre y diciembre de 2018 algunos individuos de *Gleditsia triacanthos* L. rebrotaron, lo que produjo una disminución del porcentaje de mortalidad calculado previamente, en todos los tratamientos excepto en el anillado. Esto se explicaría por los mecanismos de resistencia a los herbicidas que existen en individuos de la misma especie (resistencia intraespecífica), por mayores reservas en individuos más grandes, y por baja dosis aplicadas (De Prado y Cruz, s.f.). En el caso del anillado con Garlon® no hubo descenso de la mortalidad. Esto podría deberse a la interrupción del flujo floemático hacia las raíces que provoca el anillado, generando la muerte del órgano luego de agotar sus reservas (Améztegui et al., 2009) y al estrés generado por el herbicida (Tu et al., 2001).

## 6. CONCLUSIONES

Como principal conclusión de este estudio, los tratamientos de inyección de cápsulas de imazapyr con lanza y de anillado con Garlon ® serían los más efectivos para el control de la especie exótica invasora *Gleditsia triacanthos* L..

La lanza aplicadora de cápsulas de herbicida es una nueva alternativa para el control de leñosas exóticas invasoras. Esta es la primera evaluación de este método de control en Uruguay, con buenos resultados en la especie de estudio, en particular con imazapyr. En particular se destaca este método por su disminución del riesgo ambiental. Se utilizan bajas dosis por individuo, se inyecta el herbicida en el fuste sin tomar contacto con el suelo, y permite el control de la EEI dentro del bosque sin afectar a las especies nativas circundantes (ausencia de deriva).

En este ensayo se logró una mayor mortalidad con la aplicación de cápsulas de imazapyr que de glifosato. Sin embargo, a futuro se recomienda realizar nuevos experimentos con mayor concentración de principio activo, así como la evaluación de otros principios activos (ejemplo: picloram o metsulfuron metil), siempre y cuando este autorizado por la DINAMA, esquema de certificación en cuestión y teniendo en cuenta las patentes vigentes.

Finalmente, dado: 1) los malos resultados en mortalidad en los tratamientos de inyección de cápsula de glifosato y aplicación de herbicida con taladro, 2) el riesgo ambiental del anillado con pulverización de Garlon ®, y 3) el riesgo laboral que implica la utilización de motosierra en el tratamiento de anillado; en este trabajo se recomienda el uso de la lanza con inyección de cápsulas de imazapyr como método alternativo para el control de *Gleditsia triacanthos* L..

## 7. RESUMEN

Las especies exóticas invasoras (EEI) amenazan la conservación de los ecosistemas nativos, generando cambios cualitativos y cuantitativos en las poblaciones de especies autóctonas. Las EEI pueden ser vegetales o animales y generan importantes pérdidas económicas. *Gleditsia triacanthos* L. es una EEI leñosa que invade el monte nativo en varios departamentos de Uruguay. El ensayo se encuentra en el departamento de Florida en las proximidades del arroyo “Del Potrero”, donde existe gran invasión. En el experimento se evaluó la efectividad del control de *G. triacanthos* L. por medio de herbicidas. Los tratamientos son: anillado y aplicación de Garlon ®, perforación del fuste y aplicación de Garlon ®, cápsulas de imazapyr, cápsulas de glifosato y el testigo. Entre los tratamientos se destaca como gran innovación en términos de control de EEI leñosas, la aplicación de cápsulas de herbicidas, utilizando un equipo denominado lanza aplicadora (EZ-JECT™). Al año de aplicado los resultados en porcentaje de mortalidad fueron destacados para anillado con Garlon ® con un 78% y cápsulas de imazapyr con un 61%. En cambio, para los tratamientos de cápsula de glifosato y taladro con Garlon ® los porcentajes de mortalidad fueron bajos representados por 21% y 7% respectivamente. En términos estadísticos se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de árboles de *G. triacanthos* L. entre los tratamientos. Además, los tratamientos que presentaron mayor efectividad para el control de esta especie fueron: anillado con Garlon ®, y cápsulas de imazapyr.

Palabras clave: *Gleditsia triacanthos* L.; Glifosato; Imazapyr; Control de invasoras; Especie exótica; Control químico; Anillado; Bosque nativo; Cápsulas de herbicida; Lanza aplicadora.

## 8. SUMMARY

Invasive alien species (IAS) threaten the conservation of native ecosystems. They generate qualitative and quantitative changes in the populations of native species. The IAS can be vegetable or animal and generate significant economic losses. *Gleditsia triacanthos* L. is a woody IAS that invades the native forest in several departments of Uruguay. The experiment was carried out in Florida department (Uruguay) in the vicinity of the river "Del Potrero", where there is a large invasion. In the experiment, the effectiveness of the control of *G. triacanthos* L. by means of herbicides was evaluated. The treatments are: ring-barking and application of Garlon ®, perforation of the trunk and application of Garlon ®, imazapyr shells, glyphosate shells and the control. Among the treatments, the application of herbicide shells, using an tool called applicator lance (EZ-JECT™) stands as a great innovation in terms of control of woody IAS. One year after applying the treatments, the results in mortality percentage were highlighted for ringed Garlon ® with 78% and imazapyr shells with 61%. In contrast, for treatment with glyphosate shells and drill with Garlon ®, mortality percentages were low represented by 21% and 7% respectively. In statistical terms, significant differences were found in the mortality of *G. triacanthos* L. trees among the treatments. In addition, the treatments that were most effective for the control of this species were: ring-barking and application of Garlon ®, and imazapyr shells.

Key words: *Gleditsia triacanthos* L.; Glyphosate; Imazapyr; Invasive control; Exotic species; Chemical control; Ring-barking; Native forest; Herbicide shells; Applicator lance.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Améztegui A; Aunós A; Serrano L. 2009. El anillado como técnica de desvitalización de hayas en el Valle de Arán (Lleida). In: Congreso Forestal Español (5<sup>a.</sup>, 2009, Lleida, España). Montes y sociedad. Lleida, Sociedad Española de Ciencias Forestales. p. irr.
2. Augustí, M. 2004. Fruticultura. Madrid, Mundi-Prensa. 493 p.
3. Baeza, S.; Baldassini, P.; Bagnato, C.; Pinto, P.; Paruelo, J. 2014. Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. *Agrociencia (Uruguay)*. 10(2):95-105.
4. Brugnoli, E.; Clemente, J.; Boccardi, L.; Borthagaray, A.; Scarabino, F. 2003. Distribución del mejillón dorado (*Limnoperna fortunei*) en las cuencas hidrográficas de Uruguay: situación actual y predicciones. Montevideo, Facultad de Ciencias. s.p.
5. Brussa, C.; Grela, I. 2007. Flora arbórea del Uruguay con énfasis en las especies de Tacuarembó y Rivera. Montevideo, Uruguay, COFUSA. 544 p.
6. Búrmida, M. 2011. Leñosas exóticas en bosques fluviales de la zona sur de Uruguay: perturbación antrópica y grado de invasión. Tesis Licenciatura en Ciencias Biológicas, opción Ecología. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. 24 p.
7. Carlton, J.; Geller B. 1993. Ecological roulette: the global transport of non-indigenous marine organisms. *Science*. 261:78-82
8. Carvajales A. 2013. Modelos de distribución de la acacia invasora *Gleditsia triacanthos* como herramienta para su manejo. Tesina para optar por el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Ciencias. 40 p.
9. Carvalho, G. O. 2009. Especies exóticas e invasoras biológicas. *Ciencias de la Documentación (Chile)*. 12 (23):15-21.

10. Colombo Speroni, F.; de Viana, M. 1998. Fruit and seed production in *Gleditsia triacanthos*. In: Starfinger, U.; Kowarik, E.; Williamson, M. eds. Plant Invasions: ecological Mechanisms and Human Responses. Berlin, Backhuys. pp. 155-161.
11. D'antonio, C. M.; Meyerson, L. A.; Denslo W. J. 2001. Exotic species and conservation. In: Soule, M. E.; Orains, G. H. eds. Conservation biology: research priorities for the next decade. Washington, Island Press. pp. 55-80.
12. De Prado R.; Cruz H. s.f. Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas. (en línea). Colonia, INIA.14 p. Consultado 23 jun. 2019. Disponible en [http://www.inia.org.uy/estaciones/la\\_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/depradorafael.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/depradorafael.pdf)
13. Davis, M. 2001. Experimental support for a resource: based mechanistic model of invasibility. Oxford, UK, Macalester College. 428 p.
14. Diez de Ulzurum, P. 2013. Manejo de malezas problema: modos de acción de herbicida. Rosario, Argentina, REM/AAPRESID. 52 p.
15. Di Marzio, W.; Sáenz, M. E.; Alberdi, J.; Fortunato, J. N.; Tangorra, M.; 2009. Estrategia de manejo de acacia negra (*Gleditsia triacanthos*) en la cuenca del río Luján. Evaluación ecotoxicológica del herbicida togar BT. Revista Argentina de Ecotoxicología y Contaminación Ambiental (Argentina). 1:1-7.
16. Escudero, R. 2004. Informe de consultoría. Manejo integrado de ecosistemas y recursos naturales en Uruguay. Componente: manejo y conservación de la diversidad Biológica. Subcomponente: bosque nativo. Montevideo, Uruguay, IBRD. 46 p.
17. EZ-JECT™. s.f. Herbicide system. (en línea). Omaha, United States. s.p. Consultado 11 dic. 2018. Disponible en <https://www.arborsystems.com/PDF/EZ-Ject-Flyer.pdf>
18. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2007. Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) 2010: especificación de las tablas de información nacionales para la

FRA 2010. (en línea). Roma. 46 p. Consultado 12 jul. 2018.  
Disponible en <http://www.fao.org/forestry/14119-1-0.pdf>

19. Gago, J.; Picasso, G.; Aceñolaza, P.; Rodríguez, E. 2018. Plantas del bajo Río Uruguay árboles y arbustos. Paysandú, CARU. 310 p.
20. GeoUruguay. 2008. Informe del estado del ambiente. Montevideo, Uruguay, MVOTMA. DINAMA. 352 p
21. Gutiérrez, F. 2006. Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Colombia, Bogotá, ARFO. 158 p.
22. Haretche, F.; Brazeiro, A. 2018. Evaluación de métodos de control de *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton adultos en un bosque nativo de barranca (Melilla, Montevideo). In: Brazeiro A. ed. Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay. Montevideo, Uruguay, Facultad de Ciencias. pp. 43-45.
23. Holmes, P. M. 2009. A decisions-making framework for restoring riparian zones degraded by invasive plants in South Africa. South Africa Journal of Science. 101:p. irr.
24. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistemas de Información, UY). s.f. Precipitación efectiva. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 20 dic. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/registros-de-lluvias/Precipitación-efectiva>.
25. Kamalak, I.; Guven, M. ;Kaplan, M.; Boga, A.; Atalay, I.; Ozkan, C. O. 2012. Potential Nutritive Value of Honey Locust (*Gleditsia triacanthos*) Pods from Different Growing Sites for Ruminants. Livestock Research for Rural Development. 14:115-126.
26. Lonsdale, W. M. 1999. Global patterns of invasions and the concept of invasibility. Ecology. 80(5):1522-1536
27. Lowe, S.; Browne, M.; Boudjelas, S.; De Poorter, M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Oxford, UK, UICN. 12 p.

28. Marco, D. E.; Páez, S. A. 2000. Invasion of *Gleditsia triacanthos* in *Lithrae aternifolia* Montane Forests of Central Argentina. PubMed. 26:409-419.
29. Martino, A. L. 2006. Especies exóticas invasoras. Propuestas para la estrategia a nivel del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (en línea). Montevideo, MVOTMA. 55 p. Consultado 10 sept. 2018. Disponible en [http://www.desarrolloregional.org.uy/portal/dmdocumentos/picada\\_varela.pdf](http://www.desarrolloregional.org.uy/portal/dmdocumentos/picada_varela.pdf)
30. Martino, D. L. 1995. El herbicida glifosato: su manejo más allá de la dosis por hectárea. Montevideo, INIA. 30 p. (Serie Técnica no. 61).
31. MGAP. DGF (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). s.f. Puntos de ocurrencia de *G. triacanthos* en Uruguay. Montevideo. s.p.
32. MVOTMA (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, UY). 2016. Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica del Uruguay. Montevideo. 58 p.
33. \_\_\_\_\_. CNEEI (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Comité Nacional de Especies Exóticas Invasoras, UY). 2010. Lineamientos para la gestión nacional de especies exóticas invasoras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 141 p. Consultado 12 sept. 2018. Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190691>
34. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2014. Especies exóticas invasoras en el Uruguay. Montevideo, Uruguay. 48 p.
35. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015. Especies exóticas invasoras leñosas: experiencias de control. Montevideo, Uruguay. 80 p.
36. \_\_\_\_\_. DINAMA (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente, UY). 2014. Plan de manejo del Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay. Montevideo, Uruguay. 50 p.
37. Nebel, J. P.; Porcile, J. F. 2006. Contaminación del bosque nativo por especies arbóreas y arbustivas exóticas. (en línea). Montevideo,

MGAP. 27 p. Consultado 27 sept. 2018. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/Forestal>

38. Piaggio M.; Delfino L. 2009. Florística y fitosociología de un bosque fluvial en Minas de Corrales, Rivera, Uruguay. *Iheringia*. 64(1):45-51.
39. Pimentel, D; Zuniga R; Morrison, D. 2004. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *In*: Arrowa, K.; Bolinb, B.; Costanzac, R.; Dasguptad, P.; Folkee, K.; Hollingf, C. S.; Janssong, O.;Levinh, S.; Göran, K.; Charles, M.; Perringsj, C.; Pimentel, D. eds. *Economic growth, carrying capacity, and the environment*. New York, USA, Cornell University. pp. 273-288.
40. Rejmanek, M.; Richardson, D. M.; Higgins, S. I.; Pitcairn, M. J.; Grotkopp, E. 2005. Ecology of invasive plants: state of the art. *In*: Mooney, H. A.; Mack, R. M.; McNeely, J. A.; Neville, L.; Schei, P.; Waage, J. eds. *Invasive alien species: searching for solutions*, Washington, D. C., United States, Island Press. pp. 332-355
41. Sala, O. E.; Chapin, F. S.; Armesto, J. J.; Berlow, E.; Bloomfield, J.; Dirzo, R.; Huber-Sanwald, E.; Huenneke, L. F.; Jackson, R. B.; Kinzig, A.; Leemans, R.; Lodge, D.M.; Mooney, H. A.; Oesterheld, M.; Poff, N. L.; Sykes, M. T. ; Walker, B. H.; Walker, M.; Wall, D. H. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*. 287(5459):1770-1774.
42. Simberloff, D. 2003. Preventing Invasions at the Outset. *In*: Simberloff, D. ed. *Weed Science*. Cambridge, UK, Cambridge University. pp. 247-253.
43. Sosa, V.; Caballero, N.; Carvajales, A.; Fernández, G.; Mello, A.; Achkar, M. 2015. Control de *Gleditsia triacanthos* en el Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay. *Ecología Austral*. 25:250-254.
44. SPF (Sociedad de Productores Forestales, UY). s.f. Bosques nativos. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado 28 dic. 2018. Disponible en <http://www.spf.com.uy/uruguay-forestal-bosques-nativos>

45. SSFEB (Servicio de Sanidad Forestal y Equilibrios Biológicos, ES). 1995. Evaluación del estado sanitario del árbol. España, Madrid. 57 p.
46. Stanley, W.; Zedaker, S; Seiler, J.; Burch, P. 2014. Methods for Rapid Screening in Woody Plant Herbicide Development. *Forests*. 5:1584-1595.
47. Tu, M.; Hurd, C.; Randall, J. M. 2001. *Weed Control Methods Handbook: tools and Techniques for Use in Natural Areas*. (en línea). Davis, University of California. 219 p. Consultado 19 sept. 2018. Disponible en <https://www.invasive.org/gist/products/handbook/methods-handbook.pdf>
48. UICN (International Union for Conservation of Nature, CH). 2000. *Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. (en línea). Gland, Switzerland. s.p. Consultado 19 sept. 2018. Disponible en [https://books.google.com.uy/books?id=rjKoDQAAQBAJ&pg=PT312&lpg=PT312&dq=https://intranet.+iucn.org/webfiles/doc/SSC/SSCwebsite/Policy statements/IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species.pdf&source=bl&ots=6MIHVwPehG&sig=ACfU3U2oD0PJcJq012\\_FbxMVu0l8MVcJWq&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiWypHNzrfhAhX2GbkGHdRYAfoQ6AEwAHoECAgQAQ#v=onepage&q=https%3A%2F%2Fintranet.%20iucn.org%2Fwebfiles%2Fdoc%2FSSC%2FSSCwebsite%2FPolicy statements%2FIUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species.pdf&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=rjKoDQAAQBAJ&pg=PT312&lpg=PT312&dq=https://intranet.+iucn.org/webfiles/doc/SSC/SSCwebsite/Policy%20statements/IUCN%20Guidelines%20for%20the%20Prevention%20of%20Biodiversity%20Loss%20caused%20by%20Alien%20Invasive%20Species.pdf&source=bl&ots=6MIHVwPehG&sig=ACfU3U2oD0PJcJq012_FbxMVu0l8MVcJWq&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiWypHNzrfhAhX2GbkGHdRYAfoQ6AEwAHoECAgQAQ#v=onepage&q=https%3A%2F%2Fintranet.%20iucn.org%2Fwebfiles%2Fdoc%2FSSC%2FSSCwebsite%2FPolicy%20statements%2FIUCN%20Guidelines%20for%20the%20Prevention%20of%20Biodiversity%20Loss%20caused%20by%20Alien%20Invasive%20Species.pdf&f=false)
49. Vila, M.; Valladares, F.; Traveset, A.; Santamaría, L.; Castro, P. 2008. *Invasiones biológicas*. Madrid, España, CSIC. 40 p.

## 10. ANEXOS

### 10.1. Anexo No. 1. Evolución temporal de los indicadores del estado general de los individuos de *Gleditsia triacanthos* L..

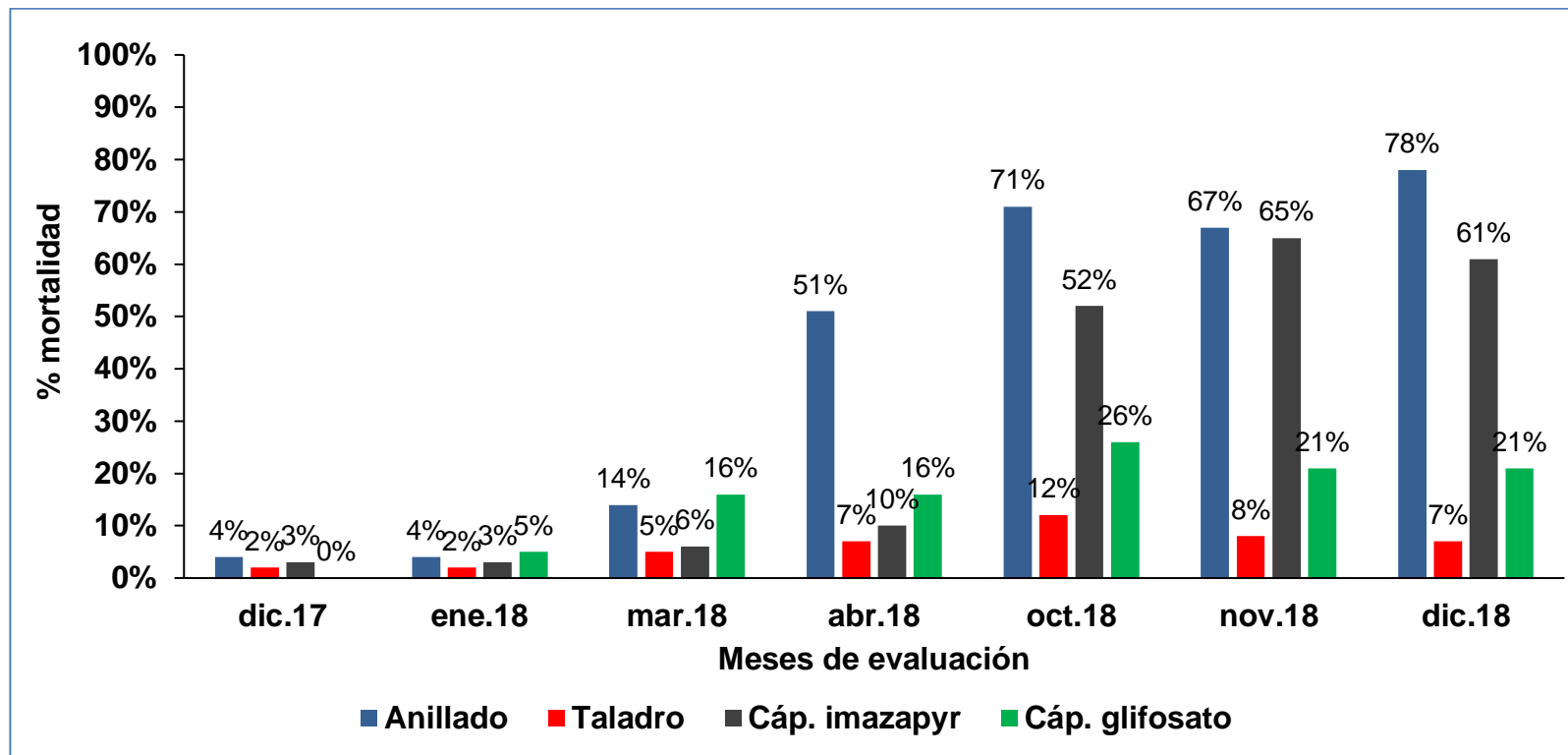


Figura 1. Evolución temporal del porcentaje de mortalidad de árboles de *Gleditsia triacanthos* L. en las siete evaluaciones a campo para los cuatro tratamientos.

Cuadro 1. Evolución temporal de los indicadores del estado general de los árboles, en las siete evaluaciones a campo para el tratamiento de anillado con aplicación de Garlon®.

Indicador/Mes	Valores indicadores	dic. 17	ene. 18	mar. 18	abr. 18	oct. 18	nov. 18	dic. 18
Mortalidad		4%	4%	14%	51%	71%	67%	78%
	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1	41%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Defoliación*	2	16%	8%	2%	0%	0%	0%	0%
	3	39%	86%	84%	49%	29%	43%	22%
	4	4%	4%	14%	51%	71%	67%	78%
	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1	41%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Decoloración**	2	22%	22%	4%	0%	0%	0%	0%
	3	29%	16%	31%	61%	6%	18%	12%
	4	8%	59%	65%	39%	94%	92%	88%
	1	94%	94%	96%	96%	96%	96%	96%
Fructificación***	2	6%	6%	4%	4%	4%	4%	4%
	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Si	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Brotación	No	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Se detalla el porcentaje de árboles en cada una de las categorías de los cinco indicadores medidos.

\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de defoliación: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de decoloración: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\*\* Los valores indicadores de fructificación corresponden a: 1 (ausente), 2(común), 3 (abundante).



Cuadro 2. Evolución temporal de los indicadores del estado general de los árboles, en las siete evaluaciones a campo para el tratamiento de taladro con aplicación de Garlon ®.

Indicador/Mes	Valores indicadores	dic. 17	ene. 18	mar. 18	abr. 18	oct. 18	nov. 18	dic. 18
Mortalidad		2%	2%	5%	7%	12%	8%	7%
	0	70%	42%	30%	5%	0%	0%	0%
	1	17%	22%	22%	33%	17%	17%	17%
Defoliación*	2	7%	8%	12%	22%	30%	30%	40%
	3	5%	26%	32%	33%	41%	46%	36%
	4	2%	2%	5%	7%	12%	8%	7%
	0	70%	42%	30%	5%	0%	0%	0%
	1	17%	22%	22%	32%	13%	13%	10%
Decoloración**	2	7%	10%	13%	20%	30%	30%	43%
	3	5%	17%	22%	32%	40%	43%	37%
	4	2%	10%	13%	12%	17%	13%	10%
	1	97%	97%	97%	98%	98%	98%	98%
Fructificación***	2	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%
	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Si	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Brotación	No	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Se detalla el porcentaje de árboles en cada una de las categorías de los cinco indicadores medidos.

\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de defoliación: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de decoloración: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\*\* Los valores indicadores de fructificación corresponden a: 1 (ausente), 2(común), 3 (abundante).

Cuadro 3. Evolución temporal de los indicadores del estado general de los árboles, en las siete evaluaciones a campo para el tratamiento de lanza con cápsulas de imazapyr.

Indicador/Mes	Valores indicadores	dic. 17	ene. 18	mar. 18	abr. 18	oct. 18	nov. 18	dic. 18
Mortalidad		3%	3%	6%	10%	52%	65%	61%
	0	97%	29%	19%	6%	0%	0%	0%
Defoliación*	1	0%	61%	65%	45%	6%	3%	0%
	2	0%	6%	6%	29%	3%	6%	13%
	3	0%	0%	3%	10%	39%	26%	26%
	4	3%	3%	6%	10%	52%	65%	61%
Decoloración**	0	97%	35%	19%	6%	0%	0%	0%
	1	0%	58%	68%	48%	0%	0%	0%
	2	0%	3%	6%	26%	0%	0%	19%
	3	0%	0%	3%	10%	39%	35%	29%
	4	3%	3%	3%	10%	61%	65%	52%
Fructificación***	1	97%	97%	97%	97%	97%	90%	74%
	2	3%	3%	3%	3%	3%	0%	10%
	3	0%	0%	0%	0%	0%	10%	16%
Brotación	Si	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	No	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Se detalla el porcentaje de árboles en cada una de las categorías de los cinco indicadores medidos.

\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de defoliación: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de decoloración: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\*\* Los valores indicadores de fructificación corresponden a: 1 (ausente), 2(común), 3 (abundante).

Cuadro 4. Evolución temporal de los indicadores del estado general de los árboles, en las siete evaluaciones a campo para el tratamiento de lanza con cápsulas de glifosato.

Indicador/Mes	Valores indicadores	dic. 17	ene. 18	mar. 18	abr. 18	oct. 18	nov. 18	dic. 18
Mortalidad		0%	5%	16%	16%	26%	21%	21%
	0	100%	47%	42%	42%	11%	11%	5%
Defoliación*	1	0%	32%	26%	16%	21%	21%	37%
	2	0%	11%	5%	11%	21%	21%	26%
	3	0%	11%	10%	16%	21%	26%	11%
	4	0%	5%	16%	16%	26%	21%	21%
Decoloración**	0	100%	47%	47%	26%	5%	5%	11%
	1	0%	32%	32%	42%	26%	26%	32%
	2	0%	5%	0%	5%	26%	21%	26%
	3	0%	0%	5%	11%	16%	26%	11%
	4	0%	16%	16%	16%	26%	21%	21%
Fructificación***	1	58%	58%	58%	58%	58%	58%	58%
	2	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%
	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Brotación	Si	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	No	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Se detalla el porcentaje de árboles en cada una de las categorías de los cinco indicadores medidos.

\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de defoliación: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\* Los valores indicadores corresponden a los siguientes porcentajes de decoloración: 0 (0-10%), 1 (11-25%), 2(26-60%), 3 (>60 y <100%), 4 (100%).

\*\*\* Los valores indicadores de fructificación corresponden a: 1 (ausente), 2(común), 3 (abundante).

10.2. Anexo No. 2. Imágenes representativas de los cuatro tratamientos del ensayo.



Figura 1. Foto de una parcela del tratamiento 1, anillado del fuste con aplicación de Garlon® al 20%.



Figura 2. Foto mostrando la perforación de *Gleditsia triacanthos* L. con taladro y de la aplicación de Garlon ® al 20% con pulverizadora.



Figura 3. Foto ilustrando la aplicación de cápsulas con herbicida en árboles de *Gleditsia triacanthos* L., correspondiente a los tratamientos 3 y 4. En la foto se destacan con color rojo las cápsulas con glifosato aplicadas en el fuste de un individuo de *G. triacanthos* L. dentro de una de las parcelas del estudio.