ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/362080304

# TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS: REVISIÓN Y PROPUESTAS

**Technical Report** · September 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.30282.24005

CITATIONS
0

READS
6

**1 author:**

Jose Manuel Meira
University of Santiago de Compostela

**1** PUBLICATION **0** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Jose Manuel Meira on 18 July 2022.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

CAMPUS TERRA

# TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS: REVISIÓN Y PROPUESTAS

TRABAJO FINAL DE GRADO
PARA LA TITULACIÓN DEL
GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL
MEDIO NATURAL

AUTOR:
JOSE MANUEL MEIRA SUÁREZ

TUTOR:
DR. RAMÓN ALBERTO DÍAZ VARELA

CONVOCATORIA:
SEPTIEMBRE DE 2020

USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

# UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

TRABAJO FIN DE GRADO

# TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS: REVISIÓN Y PROPUESTAS


**Autor:**
Jose Manuel Meira Suárez

**Tutor académico:**
Dr. Ramón Alberto Díaz Varela


*Este trabajo se presenta para cumplir*
*los requerimientos normativos exigidos para obtener el*
*Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural*
*en la*
EPS de Enxeñaría

Fecha de la convocatoria:
septiembre de 2020

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR
DE ENXEÑARÍA

# AUTORIZACIÓN

Yo, JOSE MANUEL MEIRA SUÁREZ, alumno de la titulación del Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela, con DNI 36.175.486 M, autorizo la ubicación de la siguiente copia de mi Trabajo Fin de Grado en la biblioteca del Intercentros para que pueda ser consultada por las personas que lo deseen.

Firmado: Jose Manuel Meira Suárez

Lugo, 1 de septiembre de 2020

# TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS: REVISIÓN Y PROPUESTAS

AUTOR: JOSE MANUEL MEIRA SUÁREZ

TUTOR: RAMÓN ALBERTO DÍAZ VARELA

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo Fin de Grado indicado anteriormente, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente/a: _____

Secretario/a: _____

Vocal: _____

acuerdan otorgarle la calificación de: _____

El/La secretario/a del tribunal:

_____

Lugo, 2020

*La versión digital del documento presenta la posibilidad de navegar a través de su contenido mediante el uso de los marcadores y referencias cruzadas.*

**TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS:**

**REVISIÓN Y PROPUESTAS**

El documento recopila los métodos de control de especies exóticas invasoras vegetales y presenta una herramienta de selección de metodologías para el control integrado.

El ámbito de estudio se encuentra en la comunidad de montes en mano común de Coiro en el suroeste de Galicia, extremo noroccidental de la península ibérica. Las especies invasoras estudiadas en el ámbito de estudio son: *Acacia melanoxylon* R.Br. (Acacia negra), *Acacia dealbata* Link (Mimosa), *Robinia pseudoacacia* L. (Falsa acacia).

La revisión abarca las técnicas de erradicación y control de especies invasoras. Se han clasificado en tres grupos en función del agente de cambio: mecánicas, químicas y biológicas.

La propuesta se centra en el control integrado de estas metodologías, presentando un modelo de herramienta sistemática de ayuda a la toma de decisiones para el diseño y ejecución de los protocolos de control integrado adaptados a cada caso.

Los protocolos de control integrado permiten aumentar la efectividad de los métodos de eliminación de especies invasoras, fomentando sinergias entre ellos y compensando sus debilidades individuales.

El desarrollo de herramientas que faciliten el diseño de protocolos de control integrado de especies exóticas invasoras vegetales supone un avance en el campo de la gestión forestal y el control de invasiones biológicas.


Palabras clave: *Especies invasoras, Acacia, Robinia, dealbata, melanoxylon, pseudoacacia, Método de control, Control integrado, Control mecánico, Control químico, Control biológico, Eliminación.*

**TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES ARBÓREAS INVASORAS:**

**REVISIÓN E PROPOSTAS**

O documento recompila os métodos de control de especies exóticas invasoras vexetais e presenta unha ferramenta de selección de metodoloxías para o control integrado.

O ámbito de estudo atópase na comunidade de montes en man común de Coiro no suroeste de Galicia, no noroeste da península ibérica. As especies invasoras estudadas no ámbito de estudo son: *Acacia melanoxylon* R. Br. (Acacia negra), *Acacia dealbata* Link (Mimosa), *Robinia pseudoacacia* L. (Falsa acacia).

A revisión abarca as técnicas de erradicación e control de especies invasoras. Clasificáronse en tres grupos en función do axente de cambio: mecánicas, químicas e biolóxicas.

A proposta céntrase no control integrado destas metodoloxías, presentando un modelo de ferramenta sistemática de axuda á toma de decisións para o deseño e execución dos protocolos de control integrado adaptados a cada caso.

Os protocolos de control integrado permiten aumentar a efectividade dos métodos de eliminación de especies invasoras, fomentando sinerxías entre eles e compensando as súas debilidades individuais.

O desenvolvemento de ferramentas que faciliten o deseño de protocolos de control integrado de especies exóticas invasoras vexetais supón un avance no campo da xestión forestal e o control de invasións biolóxicas.


Palabras chave: *Especies invasoras, Acacia, Robinia, dealbata, melanoxylon, pseudoacacia, Método de control, Control integrado, Control mecánico, Control químico, Control biolóxico, Eliminación.*

**ELIMINATION TECHNIQUES FOR INVASIVE TREE SPECIES:**

**REVISION AND PROPOSALS**

The document compiles the invasive alien species control methods and presents an integrated control methodologies selecting tool.

The scope of study is in the common lands of Coiro in the southwest of Galicia, northwest of the Iberian Peninsula. The invasive species studied in the study area are: *Acacia melanoxylon* R.Br. (Australian blackwood), *Acacia dealbata* Link (Silver wattle), *Robinia pseudoacacia* L. (Black locust).

The review covers invasive species eradication and control techniques. They have been classified into three groups based on the agent of change: mechanical, chemical and biological.

The proposal focuses on the integrated control of these methodologies, presenting a systematic tool model to aid decision-making for the design and execution of integrated control protocols adapted to each case.

Integrated control protocols make it possible to increase the effectiveness of invasive species elimination methods, fostering synergies between them and compensating for their individual weaknesses.

The development of tools that facilitate the design of integrated control protocols for invasive alien plant species represents an advance in the field of forest management and the control of biological invasions.

Keywords: *Alien species, Acacia, Robinia, dealbata, melanoxylon, pseudoacacia, Control method, Integrated control, Mechanical control, Chemical control, Biological control, Eradication.*

# AGRADECIMIENTOS

*Mi más sincera gratitud a mi tutor por su infinita paciencia.*

*Quiero agradecer a las comunidades de montes de Coiro, Darbo, Hío y Teis su colaboración en la elaboración de este estudio.*

*Por último, pero no por ello menos importante, quiero darle las gracias a Manolo, comunero de la CMVMC de Coiro por su dedicación y compromiso con el bienestar del monte.*

# Índice

**ÍNDICE** 1

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES** 2

**ÍNDICE DE TABLAS** 3

**1. INTRODUCCIÓN** 4

1.1. ANTECEDENTES 5

1.2. JUSTIFICACIÓN 6

1.2.1. MOTIVACIÓN 7

1.3. OBJETO DEL ESTUDIO 10

1.4. MARCO LEGAL 11

1.4.1. NORMATIVA DE LA UNIÓN EUROPEA 11

1.4.2. NORMATIVA ESPAÑOLA 12

1.4.3. NORMATIVA GALLEGA 13

1.4.4. OTRAS NORMAS 13

**2. OBJETIVOS** 14

**3. METODOLOGÍA** 15

3.1. ÁREA DEL ESTUDIO 15

3.2. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN 17

3.3. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE SELECCIÓN 18

**4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN** 20

4.1. MÉTODOS DE CONTROL 20

4.1.1. CONTROL FÍSICO 20

4.1.2. CONTROL QUÍMICO 29

4.1.3. CONTROL BIOLÓGICO Y MANEJO 35

4.1.4. CONTROL INTEGRADO 40

4.2. HERRAMIENTA DE SELECCIÓN DE METODOLOGÍAS 42

4.2.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN 42

4.2.2. CRITERIOS LÓGICOS 42

4.2.3. CRITERIOS CUANTITATIVOS 43

4.2.4. ÍNDICE DE SELECCIÓN 46

4.2.5. DIAGRAMA DE FLUJO 46

4.3. APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE SELECCIÓN 47

4.3.1. VARIABLES CONSIDERADAS 47

4.3.2. MÉTODOS DE CONTROL SELECCIONADOS 48

4.3.3. PROTOCOLO DE CONTROL INTEGRADO 50

**5. CONCLUSIONES** 52

**6. BIBLIOGRAFÍA** 53

**7. ANEXOS** 56

7.1. ANEXO A: CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SELECCIÓN 56

# Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA OBJETO DEL ESTUDIO ..... 16
ILUSTRACIÓN 2. EJEMPLO DE ALGORITMO DE ÍNDICE DE SELECCIÓN ..... 19
ILUSTRACIÓN 3. APEO CON MOTOSIERRA DE A. MELANOXYLON (CMVMC DE COIRO 2020)..... 21
ILUSTRACIÓN 4. DESBROCE DE C. SELLOANA CON MOTODESBROZADORA (CMVMC DE DARBO 2019) ..... 22
ILUSTRACIÓN 5. HAND-PULLED DE PLÁNTULA DE A. MELANOXYLON (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 23
ILUSTRACIÓN 6. DETALLE DE RAÍZ ARRANCADA DE A. MELANOXYLON (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 23
ILUSTRACIÓN 7. MODO DE EMPLEO WEED WRENCH (FUENTE: WWW.WEEDWRENCH.COM 2019) ..... 24
ILUSTRACIÓN 8. WEED WRENCH CASERO UTILIZADO EN LA CMVMC DE TEIS (CMVMC DE TEIS 2020)..... 24
ILUSTRACIÓN 9. HAND-PULLED CON CORDÓN (CMVMC DE COIRO 2020)..... 24
ILUSTRACIÓN 10. DETALLE DE RAÍZ DE A. MELANOXYLON ARRANCADA (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 24
ILUSTRACIÓN 11. UPROOTED DE C. SELLOANA CON TRÁCTEL MANUAL (CMVMC DE DARBO 2019)..... 25
ILUSTRACIÓN 12. ELEMENTO DE AGARRE PARA ESLINGA DE TRACTOR (CMVMC DE TEIS 2020) ..... 25
ILUSTRACIÓN 13. TRATAMIENTO EN 2019 DE ANILLADO EN A. MELANOXYLON CON REBROTE (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 26
ILUSTRACIÓN 14. DESCORTEZADO DE A. MELANOXYLON (CMVMC DE DARBO 2019)..... 27
ILUSTRACIÓN 15. ACUMULACIÓN DE HOJAS EN UN ÁRBOL DESPUÉS DE UN TRATAMIENTO COMBINADO DE GIRDLING Y DRILL-FILL (CMVMC DE COIRO 2019)..... 28
ILUSTRACIÓN 16. ZONA DE TRATAMIENTO FITOSANITARIO SEÑALIZADA Y DELIMITADA (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 30
ILUSTRACIÓN 17. EJEMPLO DE ETIQUETA INFORMATIVA DE TRATAMIENTO FITOSANITARIO (CMVMC 2020)..... 31
ILUSTRACIÓN 18.MÉTODO HACK-SQUIRT (HEILIGMANN, 1997) ..... 31
ILUSTRACIÓN 19.HACK-SQUIRT CON TAJAMATA (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 31
ILUSTRACIÓN 20. MÉTODO FRILLING (HEILIGMANN, 1997)..... 32
ILUSTRACIÓN 21. DRILL-FILL CON TALADRO A BATERÍA (CMVMC DE COIRO 2020)..... 32
ILUSTRACIÓN 22. DRILL-FILL CON BERBIQUÍ MANUAL (CMVMC COIRO 2020)..... 32
ILUSTRACIÓN 23. LLENADO DE DRILL-FILL CON BIBERÓN (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 33
ILUSTRACIÓN 24. CÁNULA DE ENDOTERAPIA (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 33
ILUSTRACIÓN 25. DEPÓSITO DE ENDOTERAPIA (CMVMC DE COIRO 2020)..... 33
ILUSTRACIÓN 26. PULVERIZADO DE C. SELLOANA CON MOCHILA ATOMIZADORA MANUAL (CMVMC DE DARBO 2019) 34
ILUSTRACIÓN 27. PULVERIZADO DE C. SELLOANA CON NEBULIZADOR A GASOLINA (CMVMC DE DARBO 2020) ..... 34
ILUSTRACIÓN 28. ALUMNADO DEL "OBRADORIO GRANXA DA RÚA VIII" REALIZANDO CUT-STUMP CON MOTOSIERRA DE PODA (CMVMC DE DARBO 2019)..... 35
ILUSTRACIÓN 29. CUT-STUMP EN A. MELANOXYLON (CMVMC DE COIRO 2020) ..... 35
ILUSTRACIÓN 30. UTILIZACIÓN DE CABRAS EN LA CMVMC DE HÍO PARA EL CONTROL DE COMBUSTIBLE FORESTAL (CMVMC DE HÍO 2019)..... 37
ILUSTRACIÓN 31. FAJINAS CONSTRUIDAS CON EJEMPLARES JÓVENES DE A. MELANOXYLON (CMVMC DE TEIS)..... 38
ILUSTRACIÓN 32. DIAGRAMA DE FUJO HERRAMIENTA DE SELECCIÓN DE MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES INVASORAS..... 46
ILUSTRACIÓN 33. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROTOCOLO DE CONTROL INTEGRADO EN FUNCIÓN DE LA CLASE DIAMÉTRICA ..... 51

# Índice de tablas

TABLA 1. ESPECIES INVASORAS IDENTIFICADAS EN LA CMVMC DE COIRO 2020 ..... 10
TABLA 2. EJEMPLO DE BIOAGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO DE LEGUMINOSAS INVASORAS EN ESPAÑA (SANZ ELORZA, DANA SÁNCHEZ, & SOBRINO VESPERINAS, 2004) ..... 39
TABLA 3. ESCALA DESCRIPTIVA DE LA DIFICULTAD ..... 44
TABLA 4. ESCALA DESCRIPTIVA DE LA DISERGONOMÍA ..... 44
TABLA 5. ESCALA DESCRIPTIVA DEL POTENCIAL EROSIVO ..... 45
TABLA 6. ESCALA DESCRIPTIVA DEL POTENCIAL CONTAMINANTE..... 45
TABLA 7. RESUMEN DE VARIABLES DE PROYECTO DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES INVASORAS EN LA CMVMC DE COIRO.. 47
TABLA 8. MÉTODOS ADECUADOS PARA EL PROYECTO DE ELIMINACIÓN DE ESPECIES INVASORAS EN LA CMVMC DE COIRO ..... 48
TABLA 9. RESUMEN DEL PROTOCOLO DE CONTROL INTEGRADO PROPUESTO PARA LA CMVMC DE COIRO ..... 50

# 1. Introducción

*Las invasiones biológicas representan hoy en día unas de las mayores amenazas para la conservación de la diversidad* (Fagundez & Barrada, 2007). Han pasado años desde que Jaime Fagúndez hizo esta preocupante reflexión en su libro "*Plantas Invasoras de Galicia. Bioloxía, Distribución e Métodos de Control"*, pero la situación actual sigue siendo igual de preocupante que hace trece años.

Es cierto que se han conseguido avances en temas legislativos. Como ejemplo internacional están los reglamentos europeos, de prevención de especies exóticas invasoras y de la lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea. A nivel nacional se han redactado la Ley de patrimonio natural y de la biodiversidad y el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Y no debemos olvidarnos de la esperadísima del patrimonio natural y de la biodiversidad de Galicia.

Pero estos avances legislativos parecen insuficientes. La ley gallega solo hace referencia a las especies exóticas invasoras en dos, de sus ciento treinta y seis artículos, y uno de ellos es para remitirse a la normativa europea y del Catálogo español de especies exóticas invasoras desaparecen especies tan preocupantes para el territorio gallego como son la *Acacia. melanoxylon* y *Robinia pseudoacacia.*

También es cierto que, en los últimos años se han multiplicado las iniciativas promovidas por asociaciones y administraciones locales que promueven planes de comunicación y control mediante la participación ciudadana para mitigar los efectos nocivos de las plantas invasoras, favorecido un cambio positivo en la percepción social del problema (Ramil-Rego & Vales, 2019).

Aunque hay que considerar que estas iniciativas por parte de la administración y organizaciones sin ánimo de lucro han fomentado más el voluntariado que las acciones e intervenciones por personal profesional del sector, favoreciendo la falta de formación de los profesionales agroforestales acerca de las especies exóticas invasoras y sus métodos de control y erradicación. Falta de conocimiento que ha conllevado intervenciones incorrectas en espacios con especies invasoras que ha causado una mayor proliferación en lugar de su control.

Ante esta situación, mi percepción como profesional forestal y docente es de gran preocupación, por lo que en el diseño curricular de mis formaciones he incluido un módulo específico de control y eliminación de especies exóticas invasoras. Iniciando actividades prácticas de eliminación en las comunidades de montes asociadas a los proyectos formativos, pero sin el análisis y evaluación previa que requiere un proyecto de manejo, control y eliminación de especies exóticas invasoras.

Este estudio técnico pretende ofrecer parte de ese análisis y evaluación previa para una de las comunidades de montes colaboradoras.

*The goal of anyone involved in invasives management should be to use the best practices available and to disseminate information to serve the higher goal of preserving the earth's biodiversity and mitigating problems caused by invasive organisms on a worldwide scale.* (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001)

## 1.1. Antecedentes

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad define como especie exótica invasora aquella especie exótica que se introduce o establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural, y que es un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa, ya sea por su comportamiento invasor, o por el riesgo de contaminación genética.

Esta definición es imprecisa por omisión, por un lado, excluye a los ecosistemas antropizados como pueden ser parques y jardines o explotaciones de agricultura intensiva que pueden ser grandes precursores de invasiones vegetales. Por otro lado, descuida al ser humano, como vector de especies exóticas invasoras, y sobreentiende que todas las especies que se establezcan en un ecosistema y sean agente de cambio son invasoras. En la coyuntura actual de cambio climático es difícil no pensar en las migraciones naturales que supondrán cambios en los ecosistemas y no necesariamente tienen que ser de especies invasoras.

Autores científicos como (Fagundez & Barrada, 2007) y (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) ya incluían al ser humano como precursor, directa o indirectamente, de los procesos invasivos. Y no diferenciaban, en sus definiciones, si un área invadida era natural, seminatural o cualquiera otra clasificación que queramos dar.

Por lo tanto, en el marco de este estudio, se va a considerar a las especies vegetales exóticas invasoras como: aquellas especies alóctonas que se introducen, de manera intencionada o accidental, se naturalizan, reproduciéndose y extendiéndose, y que son un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica autóctona.

Para que una especie naturalizada llegue a presentar un comportamiento invasor debe cumplir una serie de atributos que hacen de una especie una potencial invasora (Díaz Varela, 2009), como son (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004):

- La existencia de mecanismos de dispersión de las diásporas tanto a corta como a larga distancia.
- La explotación de estrategias reproductoras alternativas a la, sobre todo si se combinan la reproducción sexual con la asexual.
- La producción de substancias con efecto alelopático sobre la flora acompañante.
- Semillas longevas, con capacidad para formar bancos persistentes en el suelo.
- Alta valencia ecológica, con capacidad para habitar en un amplio rango de condiciones ambientales.
- Rutas metabólicas alternativas (C-4, CAM) en el caso de invasoras de zonas áridas, muy cálidas o con alta tasa de iluminación.
- Crecimiento rápido.
- Escasez de enemigos naturales (parásitos, depredadores, etc.).
- Rusticidad y capacidad para sobrevivir ante condiciones adversas.
- La existencia de afinidades climáticas entre la zona de origen de la especie y la región invadida.
- El bajo contenido de ADN nuclear. El tamaño pequeño del genoma parece estar asociado con la capacidad invasora en espacios bióticos vacíos

## 1.2. Justificación

El hecho de que las especies exóticas invasoras constituyan una de las principales causas de pérdida de biodiversidad en el mundo ya debería suponer una justificación válida en si misma para el desarrollo de programas de investigación y proyectos de ejecución acerca de la gestión, control y erradicación de las especies invasoras.

En el caso de que la conservación de la biodiversidad mundial no fuese suficiente motivación para los investigadores, docentes y profesionales del sector agroforestal, las especies exóticas invasoras presentan suficiente problemática como para justificar el interés por el estudio de sus medidas de gestión, control y eliminación.

Como se ha abordado antes las especies invasoras son agentes de cambio que amenazan los ecosistemas autóctonos globales y locales. Así pues, podemos encontrar nuevas relaciones de competencia, predación, parasitismo, alelopatías, hibridación e, incluso, la extinción de especies endémicas en ecosistemas insulares (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

Las especies exóticas invasoras pueden suponer un problema sanitario. Por un lado, pueden ser vectores de plagas y enfermedades vegetales y por otro lado pueden alergias o intoxicaciones en animales domesticados y humanos, convirtiéndolas en un problema de salud pública. Un ejemplo de especie invasora con potencial alergénico es la *Acacia. dealbata*, objeto de este estudio y muchos otros presentes en la literatura científica.

Desde el punto de vista de la seguridad algunas especies invasoras pueden llegar a invadir vías de comunicación (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) y afectar a fuentes de agua potable. En muchas ocasiones las especies invasoras presentan comportamientos pirófitos, pudiendo aumentar la incidencia de incendios forestales en el territorio donde se asientan.

Económicamente hablando se puede afirmar que las especies invasoras no son rentables. Si bien, a corto plazo, pueden parecer más rentables que las especies autóctonas por su rápido crecimiento y facilidad de reproducción, en cambio, a largo plazo, tienden a desplazar masas completas creando masas monoespecíficas potencialmente más sensibles a plagas y enfermedades. Algunas especies causaron importantes daños arqueológicos o cuantiosos costes en la reparación de infraestructuras destinadas al transporte de energía o a las comunicaciones (Fagundez & Barrada, 2007).

Legalmente, numerosos convenios internacionales y normativas nos instan a la gestión de las especies invasoras (para más información consultar *Marco legal*), desde el Convenio de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, ratificado por España en 1993, donde se establece que *"*[…] *cada parte impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen los ecosistemas, los hábitats o las especies, en la medida de sus posibilidades"*. Pasando por normativa europea como el Reglamento (UE) No 1143/2014 que reza en su artículo 19 "[…] *Los Estados miembros pondrán en marcha medidas eficaces de gestión respecto de aquellas especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión que los Estados miembros hayan comprobado que están ampliamente propagadas por su territorio, de modo que se reduzcan al máximo sus efectos negativos sobre la biodiversidad y los servicios asociados de los ecosistemas y, en su caso, sobre la salud humana y la economía."*

En España la conservación del medio ambiente es una de las demandas de la sociedad actual y una obligación no solo de cualquier administración pública, sino de toda la ciudadanía, tal y

como se desprende de lo dispuesto en el artículo 45 de la Constitución española: "*Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.*"

Y en Galicia la propia Ley del patrimonio natural y de la biodiversidad indicaba en su exposición de motivos que "*Galicia posee un incomparable patrimonio natural de excepcional valor, el cual constituye una de las principales señas de identidad de nuestra comunidad autónoma y exige su adecuada preservación para satisfacer las necesidades no solo de las generaciones actuales sino también las de las generaciones futuras.*"

Si los argumentos legislativos, económicos, de seguridad, sanitarios y ambientales no fuesen suficientes siempre nos queda la responsabilidad del ser humano como especie consciente. Si bien, siempre existió comunicación natural entre ecosistemas separados a través de las migraciones, las invasiones biológicas tienen un componente antrópico que las convierte en innecesarias y potencialmente peligrosas. La intervención humana, directa o indirecta, en el proceso invasivo implica traslados que serían imposibles de forma natural. Estas "migraciones artificiales" pueden acabar con la naturalización de la especie invasora en el ecosistema de destino, pudiéndolo afectar negativamente.

El control exitoso de una especie invasora puede tener efectos indirectos sobre las especies autóctonas, el ecosistema y la biodiversidad local. Los efectos potenciales de reducir o erradicar las especies invasoras en un hábitat deben evaluarse de antemano y deben tomarse medidas para garantizar que estos efectos sean únicamente positivos. (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001) Por lo tanto, es importante acumular la información disponible, evaluar todos los métodos potenciales y utilizar el mejor método o combinación de métodos para lograr el nivel de control objetivo.

En resumen, la intervención humana se convierte en necesaria para paliar o solucionar los problemas arriba descritos. En la mayoría de los casos, la mejor práctica para manejar una especie invasora involucra un sistema de control integrado adaptado a la especie y la ubicación. Para diseñar el sistema de control integrado es importante investigar y evaluar los métodos de control disponibles para seleccionarlos y adaptarlos a cada caso.

Este estudio pretende ser parte de esa investigación y evaluación de los métodos de control para un caso determinado, como punto de partida para un proyecto de control integrado de especies invasoras en la comunidad de montes de Coiro (Cangas-Pontevedra).

### 1.2.1. Motivación

Como se ha expuesto anteriormente las especies invasoras pueden suponer un problema ambiental, económico y de salud pública (Fagundez & Barrada, 2007). Tan solo una de estas tres razones sería suficiente para justificar el estudio de las técnicas de eliminación de especies invasoras, pero, además de estos tres problemas colectivos, existe una motivación personal relacionada con el desarrollo profesional.

Desde el año 2018 vengo ejerciendo de Ingeniero Técnico Forestal en el puesto de experto docente de conservación y mejora de montes en el "Obradoiro de emprego Granxa da Rúa" del Ayuntamiento de Cangas do Morrazo.

La programación formativa en los talleres de empleo es diferente al resto de acciones formativas para el empleo desarrolladas en nuestro territorio nacional. En los talleres de

empleo, además de realizar la formación teórico práctica relacionada con los certificados de profesionalidad, los alumnos-trabajadores deben ejecutar una obra asociada a la formación recibida.

En el caso del "Obradoiro de emprego Granxa da Rúa" la obra asociada se realiza en las comunidades de montes en mano común de Coiro, Darbo y O Hío, todas pertenecientes a Cangas do Morrazo. Aunque las tres comunidades son muy dispares entre sí en términos de superficie, recursos económicos, aprovechamientos forestales y filosofía de gestión, en el momento de realizar la programación de obra manifestaron dos necesidades comunes: la necesidad de desbroce de las fajas secundarias de seguridad contra incendios forestales y el manejo y erradicación de especies invasoras presentes en su territorio.

Como responsable del taller de empleo de conservación y mejora de montes fui el encargado de ejecutar la parte de la obra relacionada con la eliminación de especies invasoras. Al principio supuso un gran reto, ya que durante mis años de formación en el ciclo superior y en las ingenierías técnicas (Forestales y agrícolas) no se abordó el tema como tal. Si es cierto, que se trataba el tema de las "malas hierbas" en explotaciones agrícolas y jardinería, pero no desde el punto de vista forestal y/o de conservación.

Fuera del ámbito educativo era conocedor de iniciativas de voluntariado muy diversas relacionadas con la eliminación de especies invasoras, como pueden ser: el programa de voluntariado del Parque nacional de las Islas Atlánticas, el Proyecto Ríos de Adega en el río Tea a su paso por Covelo, Mondariz y Ponteareas, la iniciativa de la asociación Ridimoas en Orense y las experiencias con Acacia negra en la Comunidad de montes de Teis (Vigo). Todas ellas enfocadas en el voluntariado y participación ciudadana, por lo que no tenían en cuenta puntos como la prevención de riesgos laborales, la ergonomía o la productividad. Por lo que me sirvieron de inspiración, pero no eran suficientes para un abordaje desde el punto de vista laboral y profesional.

El reto profesional aumentó al comprobar que el proyecto de ejecución de la obra asociada era más un boceto de ideas que un proyecto en sí mismo. El "proyecto" presentado por la entidad promotora a la administración autonómica no era más que un listado de actividades a realizar en cada una de las comunidades de montes, por lo tanto, no existía un inventario de la situación actual, una estrategia de actuación, ni tan siquiera un protocolo de ejecución para el control de las especies invasoras. Ante esta situación la responsabilidad el diseño y ejecución del proyecto recaía sobre los docentes.

Teniendo en cuenta mi falta de conocimiento académico sobre el tema y la ausencia de un documento que me indicase las pautas a seguir inicie una primera investigación sobre el tema de eliminación de especies invasoras. En esta primera investigación, obviamente, encontré el libro que sería mi referencia inicial "*Plantas Invasoras de Galicia. Bioloxía, Distribución e Métodos de Control"* (Fagundez & Barrada, 2007), diversas publicaciones del ministerio acerca de control de especies invasoras en sistemas dunares y varios atlas de especies invasoras. Aunque muy instructivo toda la documentación era muy genérica y centrada más en la indentificación e inventario de las especies invasoras que en métodos específicos de como controlarlas. Tal vez, suficiente para la impartición de la materia relacionada a las especies invasoras, pero insuficiente para la ejecución de la obra asociada.

En una segunda búsqueda tomé un enfoque más científico buscando publicaciones o artículos que hicieran referencia a las especies invasoras. La gran mayotia de la literatura encontrada

hacia referencia a animales y los pocos que trataban los invasores vegetales eran herbáceas. Además de encontrar pocas referencias a eliminación de especies árboreas invasoras, todas las referencias encontradas se centraban en la efectividad de la metodología y no tenian en cuenta aspectos como la ergonomía, seguridad ambiental o rendimiento.

Aunque gracias a estas dos investigaciones previas se han llevado a cabo trabajos y ensayos en las citadas comunidades, estos carecen de un enfoque científico ya que no existe un diseño experimental, ni un registro de datos riguroso. Siendo aun así insuficientes las investigaciones relaizadas, dado que en la literatura se ha encontrado escasas referencias descriptivas de los métodos de eliminación de especies arbóreas invasoras.

El fundamento de este estudio técnico es realizar una búsqueda metodológica y ordenada de los métodos de eliminación de especies invasoras que pueda servir como referencia para futuras investigaciones y establecer un criterio de evaluación de las técnicas descritas conforme a parámetros como pueden ser la ergonomía de ejecución o la seguridad ambiental del procedimiento que sirva como referencia a la hora de redactar proyectos de ejecución.

El presente estudio técnico servirá como investigación previa para un futuro proyecto técnico de control y eliminación de especies invasoras en la Comunidad de Montes en Mano Común de Coiro (Cangas do Morrazo - Pontevedra).

## 1.3. Objeto del estudio

En un análisis preliminar se ha detectado la presencia de varias especies consideradas invasoras según (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) y (Fagundez & Barrada, 2007). El análisis preliminar ha consistido en entrevistas con los encargados de la comunidad de montes y revisión visual de las parcelas en campo, siendo esto suficiente para determinar la existencia de las especies invasoras en la zona. Para la elaboración de un proyecto de ejecución será necesario un inventario más exhaustivo del estado invasivo. Determinando en cada parcela y especie invasora, como mínimo: la presencia, la superficie afectada, el estado de implantación y los individuos a conservar.

Entre las especies identificadas destacan: *Acacia melanoxylon* R.Br., *Acacia dealbata* Link, *Robinia pseudoacacia* L., *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. F.) Asch. & Graebn. y *Arundo donax* L. Las especies identificadas se pueden dividir en dos grandes grupos en función de su taxonomía: *Magnoliopsida* (dicotiledóneas) y *Liliopsida* (monocotiledóneas). Perteneciendo las tres dicotiledóneas a la familia *Fabaceae* (Leguminosas) y las dos monocotiledóneas a la familia *Poaceae* (Gramíneas). Esta clasificación se muestra resumida en la *Tabla 1*.

| Clase | Orden | Familia | Especie |
|---|---|---|---|
| Magnoliopsida | Fabales | Fabaceae | *Acacia. melanoxylon* |
| Magnoliopsida | Fabales | Fabaceae | *Acacia. dealbata* |
| Magnoliopsida | Fabales | Fabaceae | *Robinia pseudoacacia* |
| Liliopsida | Poales | Poaceae | *Cortaderia selloana* |
| Liliopsida | Poales | Poaceae | *Arundo donax* |

*Tabla 1. Especies invasoras identificadas en la CMVMC de Coiro 2020*

El presente estudio se centrará en seleccionar las técnicas de eliminación (Ver *Resultados*) de *A. melanoxylon*, *A. dealbata* y *R. pseudoacacia* dado que son las especies que más interés suscitan entre los comuneros de Coiro. En el apartado *Métodos de control* se describirán todos los procedimientos encontrados en la literatura, incluidos los de posible aplicación a *C. selloana* y *A. donax*.

Como se ha descrito en el apartado *Motivación* el presente estudio servirá como referencia para futuros proyectos de actuación en la parroquia de Coiro (Cangas do Morrazo).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el ámbito geográfico de estudio es la parroquia de Coiro, pudiendo su aplicación ser ampliable a la comarca del Morrazo si los condicionantes de clima y especies a eliminar fueran los mismos. Asimismo, el estudio se centrará en las tres leguminosas citadas, pudiendo ser extensible su aplicación al resto de leguminosas con características similares.

## 1.4. Marco legal

A nivel internacional la preocupación por la expansión de las especies exóticas invasoras es grande. Esta preocupación se vio reflejada en el Convenio de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, donde se reconoció la existencia de este problema y estableció que cada parte deberá controlar o erradicar las especies exóticas que amenacen los ecosistemas, hábitats y especies.

En el Convenio de Berna, relativo a la conservación de la vida silvestres y del medio natural en Europa, el Consejo de Europa elaboró la Estrategia Europea sobre Especies Exóticas Invasoras (2004).

### 1.4.1. Normativa de la unión europea

La Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres, establece en su artículo 22 que los Estados miembros garantizarán que la introducción intencionada en la naturaleza de una especie que no sea autóctona de su territorio se regule de modo que no perjudique a la fauna y flora silvestres autóctonas ni a sus hábitats naturales en su zona de distribución natural, y si lo consideran necesario, prohibirán dicha introducción. En este contexto, en 2008, la Comisión Europea adoptó la Comunicación "*Hacia una Estrategia de la Unión Europea sobre especies invasoras*"

La presencia de especies exóticas invasoras en las demarcaciones hidrográficas pone en riesgo el cumplimiento de los objetivos medioambientales establecidos por la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE del Parlamento Europeo y el Consejo, de 23 octubre de 2000. Estas especies constituyen un riesgo para alcanzar el buen estado de las masas de agua y por ello aparecen reflejadas en los esquemas de temas Importantes de las demarcaciones.

El Reglamento (CE) No 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio, regula la aplicación del Convenio CITES en el territorio de la Unión Europea y permite la inclusión en sus Anexos de especies cuya introducción en el medio ambiente natural de la Unión Europea constituye una amenaza ecológica para las especies silvestres autóctonas. La aplicación de esta norma se regula mediante reglamentos, que se actualizan periódicamente, en los que se establece la suspensión de la introducción de especies en la Unión Europea.

Con el fin de respaldar el logro de los objetivos de las Directivas de aves y hábitats, así como de la directiva marco del agua, desde la UE se ha adoptado el Reglamento (UE) No 1143/2014 del Parlamento europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras, desarrollado y actualizando a través de diferentes Reglamentos de ejecución y que establece normas para prevenir, reducir al máximo y mitigar los efectos adversos de las especies exóticas invasoras sobre la biodiversidad y los servicios asociados de los ecosistemas, y sobre la salud de las personas y la seguridad, así como para reducir sus consecuencias sociales y económicas.

Uno de esos reglamentos es el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1141 de la Comisión, de 13 de julio de 2016, por el que se adopta una lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión donde se listan todas las especies invasoras de especial preocupación para el conjunto de los estados miembros.

### 1.4.2. Normativa española

Desde 1989 la introducción de especies alóctonas en el territorio español ya estaba sometida a autorización administrativa por la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre.

Desde 1995 figura como delito contra el medio ambiente, la introducción o liberación no autorizada de especies alóctonas perjudiciales para el equilibrio biológico en la Ley orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal (art. 333).

La Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de Sanidad Vegetal contempla restricciones y prohibiciones a la introducción en nuestro país de vegetales alóctonos y organismos nocivos que puedan afectar negativamente a la economía y al medio ambiente.

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental ha identificado, a través del Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, como agente causante de daño biológico a las especies exóticas invasoras.

El avance normativo más notable en la lucha contra las especies exóticas invasoras lo supuso la promulgación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, donde en su artículo 52.2 establece que las administraciones públicas competentes prohibirán la introducción de especies, subespecies o razas geográficas alóctonas cuando estas sean susceptibles de competir con las especies silvestres autóctonas, alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos.

Además, el artículo 61.1 crea el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, en el que se han de incluir todas aquellas especies y subespecies exóticas invasoras que constituyan de hecho o puedan llegar a constituir una amenaza grave para las especies autóctonas, para los hábitats o los ecosistemas, para la agronomía o para los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural.

El Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas, establece la estructura, el funcionamiento y el contenido del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras y especifica los procedimientos administrativos para la inclusión o exclusión de especies exóticas invasoras, los contenidos y procedimientos de elaboración y aprobación de las estrategias, así como aquellas medidas necesarias para prevenir la introducción y evitar la propagación de las mismas.

El Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras es una herramienta dinámica susceptible de modificación permanente. La primera modificación del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras ha tenido lugar a través del Real Decreto 216/2019, de 29 de marzo, por el que se aprueba la lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la región ultraperiférica de las islas Canarias y por el que se modifica el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras.

### 1.4.3. Normativa gallega

De acuerdo con el artículo 27 del Estatuto de autonomía de Galicia, la Comunidad Autónoma gallega tiene competencia exclusiva en materia de normas adicionales sobre protección del medio ambiente en los términos del artículo 149 de la Constitución española.

En ejercicio de estas competencias se dictó por primera vez en la Ley 9/2001, de 21 de agosto, de conservación de la naturaleza, que constituyó el primer texto legal autonómico en establecer un marco de protección referido al conjunto del territorio gallego y que comprendía en su ámbito de aplicación los espacios naturales, la fauna y la flora silvestres.

La reciente Ley 5/2019, de 2 de agosto, del patrimonio natural y de la biodiversidad de Galicia deroga la Ley 9/2001, de 21 de agosto, de conservación de la naturaleza. Haciendo referencia a las especies exóticas invasoras en los artículos 108 y 109 donde establece que las actuaciones necesarias para la erradicación de las especies exóticas invasoras son de utilidad pública e interés social.

### 1.4.4. Otras normas

Dentro del ámbito de ejecución del presente estudio técnico cabe considerar otras normas que afectan a la ejecución de los métodos y técnicas de control y eliminación de especies invasoras.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales, y su normativa derivada establecen los condicionantes y limitaciones en materia de riesgos laboras en cuanto a herramientas, equipos y procedimientos.

Real decreto 1311/2012, del 14 de septiembre, establece el marco de actuación para obtener un uso sostenible de los productos fitosanitarios, establece limitaciones de aplicación y capacitación en el uso de productos fitosanitarios para la eliminación de especies invasoras

# 2. Objetivos

Los objetivos generales del presente estudio consisten en realizar una revisión de las técnicas actuales de eliminación y control de especies vegetales invasoras y determinar cuáles son las más adecuadas para el ámbito de estudio.

Los objetivos generales se concretarán en los siguientes objetivos específicos:

- Describir las técnicas de eliminación de especies vegetales invasoras aplicadas en la actualidad.
- Establecer un criterio de evaluación subjetivo de los métodos de eliminación y control de especies vegetales invasoras.
- Determinar cuáles son las técnicas de erradicación más adecuadas en nuestro ámbito de estudio en función criterio de evaluación sugerido.
- Redactar un protocolo operativo de las técnicas seleccionadas orientado a los medios humanos encargados de los trabajos de erradicación.

# 3. Metodología

## 3.1. Área del estudio

El área de estudio se encuentra dentro de la Comunidad de Montes Vecinales en Mano Común de Coiro (CMVMC de Coiro), término municipal de Cangas do Morrazo provincia de Pontevedra.

El término municipal de Cangas se encuentra en el suroeste de la comunidad autónoma de Galicia, en el noroeste de la Península Ibérica. Se circunscribe al extremo suroccidental de la península del Morrazo al oeste de la provincia de Pontevedra y limita; al norte, con la ría de Pontevedra y el término municipal de Bueu; al este, con el término municipal de Moaña; al sur, con la ría de Vigo y, al oeste, con el océano Atlántico.

La parroquia de Coiro se encuentra en el extremo oriental del término municipal de Cangas y, limita; al norte, con el término municipal de Bueu, al este, con el término municipal de Moaña; al sur, con la ría de Vigo y, al oeste, con la parroquia de Darbo.

El área de estudio se sitúa en la zona noreste de la parroquia de Darbo (consultar *Ilustración 1*).

Aunque el término municipal de Cangas se encuentra en la zona de influencia del parque nacional de las Islas Atlánticas, la zona de estudio se encuentra fuera de esta zona de influencia.

Como es habitual en las comunidades de montes de la costa de la provincia de Pontevedra la comunidad de montes de Coiro presenta una alta presión antrópica, siendo las perturbaciones más importantes la vía rápida del Morrazo y el uso indiscriminado de las pistas y terrenos forestales para deportes sin autorización como son el ciclismo y motocross. Lo que ha ocasionado una alta degradación del ecosistema forestal entorno a la vía rápida y en las zonas de afluencia de deportistas.

La comunidad de montes de Coiro presenta gran fragmentación en su superficie, siendo el área de estudio la mayor extensión de terreno continua. En el momento de la redacción de este estudio técnico se encuentra en proceso de compra de parcelas lindantes con el objetivo de disminuir dicha fragmentación.

Los aprovechamientos forestales principales de la comunidad son el eucalipto para pasta de papel y pino para aserrado. En menor medida realiza aprovechamiento de resina y diversas actividades de educación ambiental. Debido a su gran fragmentación, numerosas parcelas de pequeño tamaño y escaso potencial productivo se estás repoblando con especies autóctonas para que sirvan como bosque protector y apoyo a las actividades de divulgación ambiental.

La cota máxima del área de estudio es de 380 m en su extremo norte, y la cota mínima es de 200 m en su extremo sur. Presenta un clima atlántico europeo y un suelo mayoritariamente clasificado como leptosol.

El área de estudio se encuentra en una zona con gran presión antrópica, fuertemente urbanizada, próxima a vías de comunicación terrestre de alta velocidad (vía rápida y autovía) y con una degradación aparente del suelo.

Exceptuando la posible presencia de deportistas no autorizados, no se prevé la presencia de personal sensible en el área de estudio y no es accesible al público en general.

Las especies exóticas invasoras identificadas en la zona son: *Acacia melanoxylon, Acacia dealbata*, *Robinia pseudoacacia*, *Cortaderia selloana* y *Arundo donax* (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

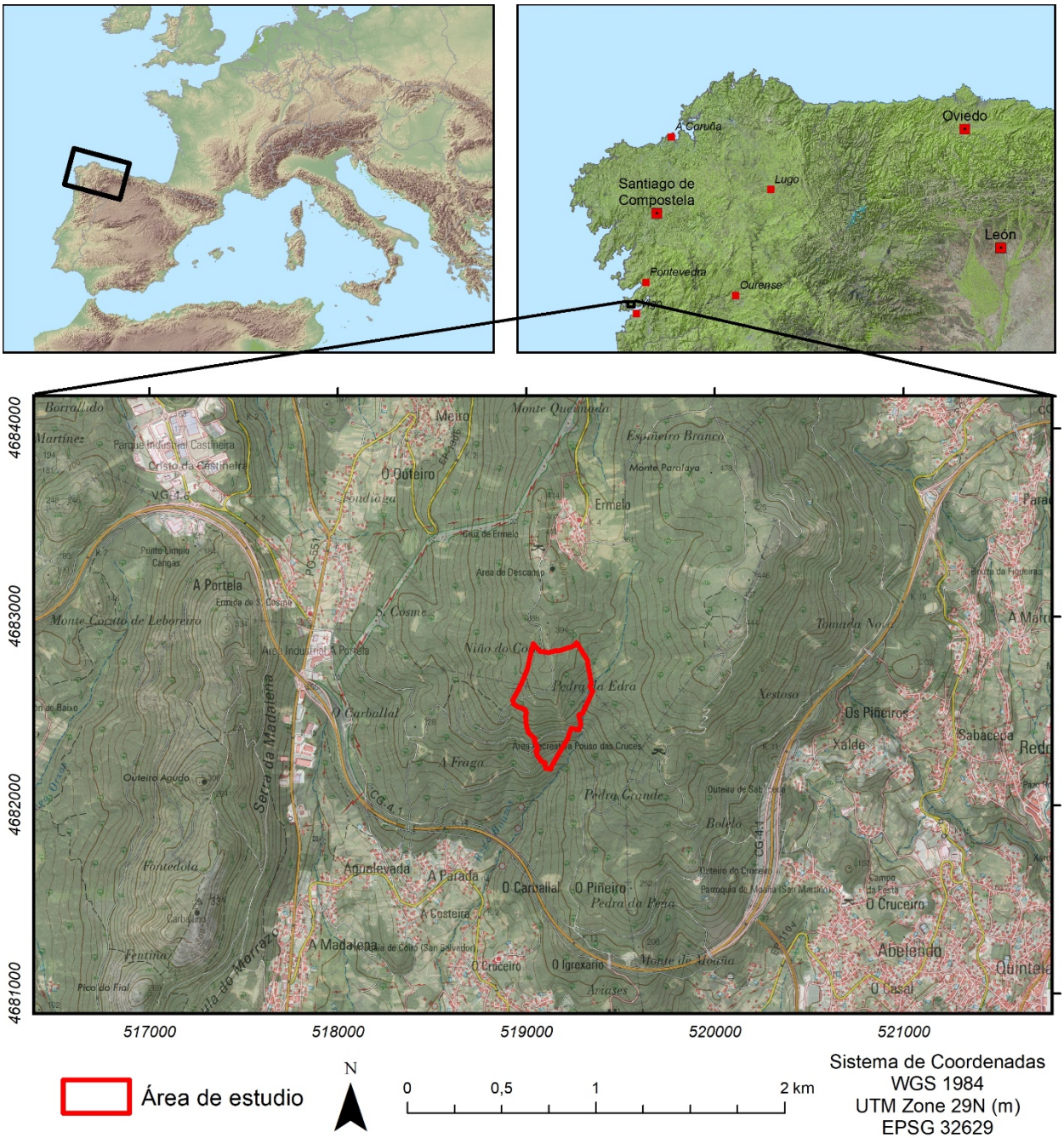


*Ilustración 1. Localización del área objeto del estudio*

## 3.2. Búsqueda de información

La metodología de búsqueda de información ha sido sistemática utilizando repositorios y páginas web gubernamentales como fuente de literatura científica.

En una primera fase de investigación se utilizó el libro "*Plantas Invasoras de Galicia. Bioloxía, Distribución e Métodos de Control*" (Fagundez & Barrada, 2007) como punto de partida. Rastreando las citas y bibliografía se encontraron otras dos obras de referencia en el ámbito del control de las especies exóticas invasoras: "*Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España*" (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) y "*Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices*" (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

En una segunda fase se utilizaron esas tres publicaciones como base para la elaboración de un listado de palabras clave relacionadas con el tema. Utilizando esas palabras clave se realizaron búsquedas sistemáticas en repositorios científicos, seleccionando las publicaciones de temática vinculada ámbito del estudio.

En una tercera fase se utilizaron esas publicaciones científicas para elaborar una base de datos de investigadores relacionados con las especies invasoras. Utilizando esa base de datos se ha realizado una nueva búsqueda parcial de publicaciones científicas más recientes.

Durante la lectura de la literatura se han seguido dos estrategias de gestión de las referencias bibliográficas. Por un lado, se ha elaborado una base de datos de citas interesantes referenciada y clasificada por secciones del documento. Por otro lado, se ha utilizado la plataforma Mendeley para la elaboración de la base de datos de bibliografía importando los archivos bibliográficos (*.ris) desde los repositorios que lo permitiesen o en última instancia desde www.researchgate.net.

Durante la redacción del texto se ha utilizado el método "escribe y cita", importando la base de datos de Mendely® al procesador de textos MS Word® y utilizando la herramienta de referencias de Word para citar y elaborar la bibliografía. Se ha optado por utilizar el estilo bibliográfico APA en lugar del ISO 690 como es recomendado, porque el estilo ISO daba problemas en el momento de elaborar la bibliografía y no fue posible solucionarlos.

La búsqueda de literatura consultada para la elaboración del presente estudio se ha circunscrito inicialmente a la Unión europea, ampliando a rango global para concreción de determinadas técnicas o métodos en concreto.

Dado que los criterios de evaluación de los métodos de control tienen en cuenta aspectos como ergonomía o restricciones legales, dentro de la literatura consultada se ha dado preferencia a las publicaciones con ámbitos en la península ibérica sobre las de los ámbitos más nórdicos.

Dado que el ámbito geográfico del estudio se encuentra en un clima Atlántico europeo y las especies objeto del estudio son leguminosas, se ha tenido en cuenta estos dos criterios en la búsqueda y selección de metodologías de eliminación y control.

## 3.3. Diseño de la herramienta de selección

La idea de la herramienta de selección de métodos de control de especies invasoras nace de una necesidad: elegir las técnicas a emplear en la obra asociada al "Obradoiro Granxa da Rúa". Esa elección era de carácter inmediato ya que ni la administración ni las comunidades de montes habían considerado que existían técnicas más allá de las que ya se utilizaban en los parques naturales y por lo tanto asumían estas como las correctas.

Como se verá más adelante, el control de las especies invasoras debe tener una perspectiva de manejo integrado para obtener un éxito prolongado en el tiempo. Este manejo no solo consiste en utilizar varias metodologías de erradicación y control en la misma parcela, sino que esas metodologías se complementen y retroalimenten, adaptándose a las características particulares de cada caso, como pueden ser: especie, medios disponibles, personal, terreno y sensibilidad social.

Como ejemplo ilustrativo se puede utilizar una comparación de casos. La selección de técnicas no sería la misma en una jornada de eliminación de *Carpobrotus edulis* con voluntariado en las dunas de la Playa de Barra (Zona de influencia del Parque nacional de las Islas Atlánticas) o en las mismas Islas Cíes, que en un programa de control de *Cortaderia selloana* en el Parque forestal de la Madroa en Vigo realizado por peones forestales formados y entrenados. En estos dos casos, el entorno, personal, localización y tiempo disponible condicionan la estrategia a seguir.

Esta selección venía siendo solventada por los encargados de las estrategias de eliminación de manera heurística, mediante la observación de otros casos o simplemente la repetición de experiencias anteriores. Esta metodología de selección a veces provocaba grandes fracasos con el gasto de tiempo y dinero que eso conlleva, además del peligro ambiental que eso podría suponer.

Dada la inmediatez en la selección impuesta por la administración en el año 2018, e un primer momento se optó por el método de imitación de otras iniciativas cercanas, recomendando la necesidad de investigación y reflexión sobre el caso. Esa recomendación fue bien recibida, y en 2019 las comunidades de montes de Coiro, Darbo e Hío, aceptaron experimentos informales de metodologías de eliminación encontradas en la literatura. A finales de 2019 estas comunidades reconocieron que algunas de las técnicas aplicadas y desconocidas por ellos hasta el momento eran más efectivas que las que venían empleando por costumbre. El paso lógico a dar era establecer un protocolo de control integrado para cada una, siendo la Comunidad de montes de Coiro la primera interesada en implementarlo.

En ese momento se procedió al análisis de la experiencia adquirida en los años anteriores. Por un lado, se llegó a la conclusión de que existían condicionantes insalvables que imposibilitaban la ejecución del método, más adelante se le llamarían *Criterios lógicos*. Por otro lado, se detectaron preferencias hacia determinadas características o efectos colaterales de los métodos, más adelante se les llamarían *Criterios cuantitativos*.

Los criterios lógicos fueron diseñados como universales, concretos en formulación y discretos en respuesta. Por lo tanto, valdrían para cualquier caso expuesto, no suscitan dudas en lo que evalúan y solo admiten un rango binario de respuestas.

Los criterios cuantitativos fueron diseñados como particulares, amplios en formulación y de respuesta graduada. Por lo tanto, cada caso diseñaría los propios en función de sus objetivos, pueden adaptar la amplitud del criterio a evaluar y admiten un amplio rango de respuestas.

En este caso los criterios lógicos representan las incompatibilidades con las características del proyecto, por lo que si uno de ellos da una respuesta de incompatibilidad el método sería descartado. En cambio, los criterios cuantitativos muestran la afinidad de cada método con los objetivos del proyecto.

Por último, quedaría compilar estos criterios en una expresión matemática sencilla (ver ejemplo *Ilustración 1*). En lugar de graduar el peso de los criterios cuantitativos con índices de conversión se decidió graduarlo en función de la redacción en la escala descriptiva de la valoración. Esta forma se considera más intuitiva a la hora de elaborarla junto a los gestores del monte.

$$I_s = \frac{\prod C_l}{\sum C_c} = \frac{\left(C_{l_1} \times C_{l_2} \cdots \times C_{l_x}\right)}{\left(C_{c_1} + C_{c_2} + \cdots C_{c_x}\right)}$$

Donde:

- $C_l$ son los valores de criterio lógico
- $C_C$ son los valores de criterio cuantitativo

*Ilustración 2. Ejemplo de algoritmo de índice de selección*

Aplicando la expresión matemática se obtendría el Índice de selección de cada uno de los métodos evaluados, que indicaría la adaptabilidad del método al caso dado.

Los métodos de índice de selección 0 serían descartados automáticamente. Con el resto de métodos se debe elaborar un protocolo de control integrado buscando la mayor cantidad de sinergias entre los métodos.

# 4. Resultados y discusión

## 4.1. Métodos de control

Existen un gran número de métodos específicos para controlar especies invasoras. Teniendo en cuenta la naturaleza compleja de su ecología y la importancia de las condiciones locales, estos métodos deben implementarse con cautela. No se pueden hacer predicciones precisas del comportamiento de las especies alóctonas en nuevos entornos, porque demasiadas de las variables utilizadas para describir la situación no son más que conjeturas informadas (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Sin embargo, estos métodos están disponibles y son de gran valor para la gestión de especies invasoras. Normalmente se encuentran descritos en repositorios clasificados en función de las especies objetivo y su eficacia en factores ambientales específicos.

Por lo tanto, el primer paso lógico para el diseño de una estrategia de control sería comprobar la literatura y las bases de datos disponibles para acumular tanta información como sea posible de las opciones de manejo de la especie objetivo. Adoptando los métodos exitosos en condiciones similares y desechando los menos adecuados, considerando como buenos los métodos específicos de las especies objetivo que presenten el menor impacto a las especies no objetivo, al medioambiente y a los medios humanos.

Los métodos de control de especies vegetales suelen ser: métodos manuales (por ejemplo, extracción manual, apeo, desbroce, decapado, anillado); aplicación de herbicidas; liberación de agentes de control biológico; uso controlado del pastoreo o ramoneo; quemas prescritas; plantar especies nativas competitivas y otras prácticas de manejo de la tierra.

En la mayoría de los casos, las mejores prácticas para manejar una especie invasora van a implicar un sistema de gestión integrada adaptado la especie y al medio. Por lo tanto, es importante acumular la información disponible, evaluar todos los métodos potenciales y utilizar el mejor método o combinación de métodos para lograr el nivel de control objetivo.

Tradicionalmente las técnicas de control de especies invasoras se agrupan en tres grupos: técnicas de control mecánico (o físico), técnicas de control químico y técnicas de control biológico (Fagundez & Barrada, 2007). A estos tres grupos de técnicas de control debemos añadir dos grupos de control mediante la gestión: el manejo del hábitat y el control integrado.

### 4.1.1. Control físico

Los métodos de control mecánico son aquellos que se basan en la eliminación física de la planta invasora y de sus diásporas.

El control mecánico se puede llevar a cabo eliminando directamente los individuos de la especie objetivo, ya sea a mano o utilizando herramientas. En casos de pequeña escala, las plagas introducidas pueden controlarse o incluso erradicarse mediante el control mecánico. Un método avanzado de control mecánico es la eliminación de plantas mediante herramientas o máquinas diseñadas específicamente para el control de plantas invasoras.

El control mecánico se puede utilizar tanto en programas de erradicación como como medio para controlar la densidad y abundancia de especies invasoras. Básicamente, todos los

organismos pueden eliminarse mecánicamente de una forma u otra. Sin embargo, la información disponible debe ser analizada y el control debe ser realizado o supervisado por personal capacitado para elegir y aplicar la forma más efectiva. La erradicación a menudo solo se logrará en áreas pequeñas (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

El control mecánico es muy específico para la especie objetivo y los efectos colaterales se limitan principalmente a la perturbación por presencia humana. La gran desventaja de este método es que requiere de gran cantidad de mano de obra. Esto provoca que en países como España los métodos físicos manuales se limiten a grupos de voluntariado, dado que debe realizarse de forma repetida durante varios años y requiere mucha inversión de tiempo y esfuerzo para eliminar todos los individuos.

El método mecánico puede ser eficaz cuando la población del invasor es todavía pequeña y la población se limita a un área pequeña (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001) o las especies presentan bulbos o rizomas, aunque será necesario realizar los trabajos con mucho cuidado para tratar de eliminar la mayor parte de los órganos subterráneos (Fagundez & Barrada, 2007). Además, resulta importante eliminar totalmente todos los restos vegetales de la especie invasora, especialmente si esta se puede reproducir de manera vegetativa. En el caso contrario se conseguiría un efecto opuesto al deseado, ya que se fomentaría la dispersión de la planta (Díaz Varela, 2009). Para evitar este efecto los operarios pueden llevar bolsas de plástico para depositar las partes arrancadas y posteriormente enviarlas a una incineradora, o asegurarse de que todos los fragmentos son totalmente inviables.

Dentro de los métodos de control mecánico se incluyen los siguientes:

#### *4.1.1.1. Corte o tala (Cut down)*

El corte consiste en separar la parte aérea de la planta de la raíz mediante un corte a la altura del cuello de la raíz, utilizando medios manuales (machetas o sierras) o mecanizados (motosierras o desbrozadoras con disco de sierra). Es recomendable en especies que no tengan la capacidad de rebrote de cepa o de raíz, siendo muy utilizada en especies leñosas.

En las especies con buen rebrote de cepa el uso de esta técnica puede ser contraproducente, provocando el rebrote masivo de los tocones. La conversión de la masa invasora a monte bajo complica la gestión ya que dificulta el acceso del personal al área de trabajo. El hecho de que el sistema radical permanezca intacto aumenta el crecimiento vegetativo inicial y dificulta la aplicación de otros métodos de eliminación, como puede ser el *Arrancado manual (Hand-pulled)*.

*Ilustración 3. Apeo con motosierra de A. melanoxylon (CMVMC de Coiro 2020)*

En muchos casos, el corte combinado de la planta y el pintado del tallo con un herbicida sistémico resulta más eficaz. Se han probado herramientas de corte especializadas que aplican un herbicida a medida que cortan (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

#### *4.1.1.2. Siega (Mowing)*

La siega o desbroce consiste en la eliminación de la parte aérea de la planta usando medios manuales (guadañas o tajamatas) o mecanizados (desbrozadoras o segadoras). Es recomendable en especies que no tengan la capacidad de rebrote de cepa o de raíz, siendo muy utilizada en especies herbáceas.

*Ilustración 4. Desbroce de C. selloana con motodesbrozadora (CMVMC de Darbo 2019)*

La siega de hierbas y pastos puede provocar la muerte como cuando las plantas no están adaptadas al pastoreo intenso. Las plantas anuales son especialmente susceptibles si se cortan poco antes de que broten las flores, porque habrán agotado la mayor parte de sus reservas de raíces para producir los brotes (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

La rozadura mecánica o siega con maquinaria pesada no es una técnica muy recomendable por distintos motivos. El principal es que esta técnica no elimina los órganos subterráneos, como rizomas o bulbos, por lo que las plantas que posean estas estructuras rebrotarán sin ningún problema (Fagundez & Barrada, 2007).

#### *4.1.1.3. Rozas periódicas (Repeated cutting)*

Las rozas periódicas consisten en realizar la corta de la parte aérea de la planta de forma repetida en el tiempo, con el objetivo de drenar las reservas almacenadas en el sistema de raíces y finalmente matar a la planta. Se pueden ejecutar mediante medios manuales (machetas y tajamatas) y medios mecanizados (desbrozadoras manuales, de martillos o cadenas).

Los árboles rozados periódicamente utilizan las reservas después de cada corte, lo que agota las reservas almacenadas y contribuye a reducir la respuesta del monte bajo. Aunque la roza periódica puede provocar el aumento del número de brotes, estos cada vez son de menor diámetro. El intervalo entre los cortes sucesivos es fundamental para impedir la reposición de las reservas almacenadas y así provocar la muerte de los ejemplares (Moyo, Scholes, & Twine, 2014).

En alguna ocasión se utiliza el desbroce por cadenas montadas sobre un tractor; no obstante, es de suponer que estas técnicas se aplican en zonas totalmente degradadas ante la imposibilidad de utilizar otros métodos de control que reduzcan la población en un tiempo razonable. Una alternativa accesible es el uso de maquinaria ligera, como desbrozadoras manuales (Fagundez & Barrada, 2007).

Las rozas periódicas serán efectivas en aquellas especies que no las soporten, siendo necesario la eliminación de todos los ejemplares que puedan estar en contacto por las raíces para evitar la reposición de reservas por parte de los ejemplares en pie.

#### *4.1.1.4. Arrancado manual (Hand-pulled)*

La eliminación manual consiste en la retirada a mano de las plantas invasoras y de sus órganos de propagación (rizomas, estolones, tubérculos, etc.) por cuadrillas de operarios equipados con herramientas adecuadas (azadas, piquetas, hachas, sierras, guantes, etc.) (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

*Ilustración 5. Hand-pulled de plántula de A. melanoxylon (CMVMC de Coiro 2020)*

*Ilustración 6. Detalle de raíz arrancada de A. melanoxylon (CMVMC de Coiro 2020)*

En la actualidad existen herramientas específicas para arrancar las malas hierbas, como el Weed Wrench® (Ver *Ilustración 7*) o el Root Jack®. Estas herramientas poseen unas pinzas que se cierran sobre el tallo de la planta y permiten hacer palanca para arrancarla con más facilidad. Existen varios tamaños y están consideradas como muy eficaces por distintas organizaciones para la lucha contra las especies invasoras, como es el caso de la ISI (Invasive Species Initiative)

(Fagundez & Barrada, 2007). Existen alternativas de elaboración casera pero no cumplen la normativa de prevención de riesgos laborales (Ver *Ilustración 8*)

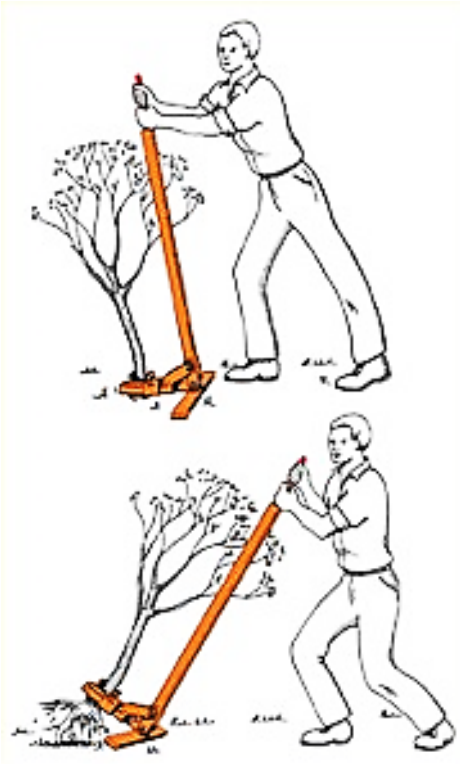

*Ilustración 7. Modo de empleo Weed Wrench (Fuente: www.weedwrench.com 2019)*

*Ilustración 8. Weed Wrench casero utilizado en la CMVMC de Teis (CMVMC de Teis 2020)*

Por lo general, suele ser necesario repetir las actuaciones durante varios años para eliminar los rebrotes en los casos de especies con órganos subterráneos, o bien hasta agotar el banco de semillas del suelo en el caso de especies que se reproducen por vía sexual y poseen semillas ortodoxas longevas.

*Ilustración 9. Hand-pulled con cordón (CMVMC de Coiro 2020)*

*Ilustración 10. Detalle de raíz de A. melanoxylon arrancada (CMVMC de Coiro 2020)*

En caso de que exista peligro de arraigamiento, el material vegetal extraído debe ser retirado inmediatamente y destruido lejos de la zona donde se produjo la invasión.

#### *4.1.1.5. Arrancado de raíz (Uprooted)*

El arrancado de raíz es similar a la *Arrancado manual (Hand-pulled)* pero utilizando medios mecánicos como pueden ser cabrestantes, autocargardores o grúas. Se podría denominar arrancado mecanizado. Es operativo con especies vegetales de mayor tamaño, como árboles y arbustos y algunas herbáceas de gran porte como por ejemplo *Arundo donax* o *Cortaderia selloana* (Ver *Ilustración 11*).

*Ilustración 11. Uprooted de C. selloana con tráctel manual (CMVMC de Darbo 2019)*

Al igual que con el *Decapado (Bulldozing)* se debe que tener en cuenta la pendiente máxima del terreno y que la maquinaria no perturbe el ecosistema. Es importante considerar que el efecto erosivo del uso de maquinaria pesada para la extracción de árboles con su raíz puede ser similar al laboreo del terreno.

Si no hay información disponible sobre la respuesta de la planta al arrancado de raíz, se deben realizar algunas pruebas simples para descubrir su efectividad y formas de tratar los residuos, como por ejemplo compostar o quemar el material arrancado (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

*Ilustración 12. Elemento de agarre para eslinga de tractor (CMVMC de Teis 2020)*

#### *4.1.1.6. Decapado (Bulldozing)*

El decapado consiste en la eliminación de la vegetación mediante el paso de una hoja de un bulldozer o angledozer, cuyo borde inferior arranca y deposita parte del horizonte superficial del suelo, mezclado con las raíces y parte aérea del matorral.

Se utiliza en los casos de invasiones severas por plantas leñosas, en terrenos con pendiente no excesiva y en situaciones en las que ecológicamente resulte soportable, como por ejemplo ausencia de aves nidificantes o de otros elementos de la fauna que pudieran resultar perturbadas por la maquinaria (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

Aunque el decapado mecanizado levanta la parte superficial del no es una técnica muy recomendable por distintos motivos. El principal es que  no se puede utilizar contra especies con reproducción o dispersión vegetativa, que es el caso de las invasoras más problemáticas, ya que el único efecto que tendrá será fomentar su dispersión (Fagundez & Barrada, 2007).

#### *4.1.1.7. Laboreo (Tillage)*

El laboreo consiste en trabajar la capa superficial de tierra con el objetivo de eliminar la vegetación preexistente e incorporarla al suelo. Normalmente se emplean aperos mecánicos acoplados a un tractor, como pueden ser la fresa o la grada.

Este método de eliminación suele restringirse a terrenos agrícolas o entornos muy degradados con bajo riesgo de erosión.

A pesar de que trabajar el suelo puede reducir el banco de semillas, va a favorecer la dispersión de bulbos y rizomas. Por lo tanto, estás técnicas solo son efectivas cuando se trata de eliminar especies sin dispersión vegetativa (Fagundez & Barrada, 2007).

#### *4.1.1.8. Anillado (Girdling)*

El anillado consiste en la eliminación de una franja de corteza alrededor del tronco, de como mínimo 5 cm de alto, extrayendo el cambium lo que interrumpirá el flujo de savia elaborada a las raíces. Para realizar la incisión se suelen utilizar herramientas manuales (cuchillos, navajas, machetes, machetas, tajamatas o tijeras de podar).

Es muy importante que el anillado sea completo en el perímetro del árbol, dado que cualquier conexión de cambium entre la parte superior e inferior supondrá la supervivencia de la planta (Ver *Ilustración 13*).

El anillado por sí solo puede no ser suficiente para matar rápidamente aquellas especies donde el movimiento de agua y nutrientes no está restringido a la capa más externa del tronco, pero una aplicación de herbicida acelerará el proceso (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

*Ilustración 13. Tratamiento en 2019 de anillado en A. melanoxylon con rebrote (CMVMC de Coiro 2020)*

#### *4.1.1.9. Descortezado (Barkout)*

El descortezado consiste en la eliminación de la corteza alrededor del tronco, extrayendo el cambium hasta el cuello de la raíz. Al igual que el *Anillado (Girdling)* el descortezado se basa en interrumpir el flujo de savia elaborada a las raíces.

*Ilustración 14. Descortezado de A. melanoxylon (CMVMC de Darbo 2019)*

Es muy importante que el descortezado sea completo en el perímetro del árbol, dado que cualquier conexión de cambium entre la parte superior e inferior supondrá la supervivencia de la planta. En cualquier caso, la gran cantidad de xilema expuesto al exterior con este método supondrá una vía de entrada de agentes patógenos que mermarán la salud del individuo.

El método de descortezado es más técnicamente sencillo que el Anillado (Girdling) pero requiere de mayor fuerza física.

#### *4.1.1.10. Acolchado (Mulching)*

El mulching o acolchado consiste en la colocación de algún material sobre el suelo que impida la llegada de la luz a las plantas invasoras, de modo que se impida la germinación de las semillas o el rebrote de las plantas por privación de luz.

Estos materiales pueden ser de origen orgánico (paja, etc.) o sintético (plásticos). Debido a su elevado coste, sólo se utilizan en los casos de invasiones localizadas, con los individuos de la especie invasora formando rodales y que afecten a enclaves de alto valor ecológico. (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

Algunos tratamientos como el *Anillado (Girdling)*, *Descortezado (Barkout)* e *Inyectado (Drill-fill)* provocan la caída de la hoja con el árbol aún en pie, las hojas acumuladas alrededor del tronco funcionan como acolchado de origen orgánico (Ver *Ilustración 15*)

*Ilustración 15. Acumulación de hojas en un árbol después de un tratamiento combinado de Girdling y Drill-fill (CMVMC de Coiro 2019)*

#### *4.1.1.11. Tratamiento térmico (Heat treatment)*

El tratamiento térmico consiste en aplicar agua a 100-200 °C sobre la cubierta foliar de las plantas para destruir la cutícula de las hojas. Los objetivos más sensibles son plántulas, semillas germinando, especies anuales y plantas perennes juveniles.

En los últimos años también se están empleando técnicas de tratamiento térmico por infrarrojos. Pueden existir efectos negativos en la flora y en la fauna. Puede ser útil en plantas invasoras que se encuentren en muros o paredes. (Fagundez & Barrada, 2007)

#### *4.1.1.12. Solarización (Solarization)*

La solarización es un método de desinfección de suelos agrícolas que consiste en el empleo de plásticos para producir altas temperaturas en el suelo húmedo mediante la insolación natural. Para ello se debe humedecer el suelo y cubrir con plásticos de tal forma que se provoque un efecto invernadero en el suelo.

Para obtener unos resultados adecuados es necesario tiempo e insolación, por lo que en suelos agrícolas se suele ejecutar en los meses de verano durante unos 50-60 días.

Dado el largo periodo de instalación y la infraestructura necesaria no se suele realizar en medios naturales, a menos que sean tratamientos puntuales de determinados ejemplares o pequeña superficie.

Al igual que en el *Tratamiento térmico (Heat treatment)* el objetivo son las plántulas y semillas presentes en el suelo.

#### *4.1.1.13. Quema prescrita (Prescribed burning)*

La quema prescrita consiste en el uso controlado del fuego para reducir la vegetación bajo unas condiciones específicas que permiten la cantidad de combustible vegetal a eliminar y la intensidad del fuego según el objetivo propuesto. Se diferencia de la quema controlada usada tradicionalmente en entornos rurales para la eliminación de restos de vegetales por su carácter prescrito y técnico.

En ciertos ambientes, la práctica de quemas prescritas puede cambiar la cobertura vegetal a favor de especies de plantas nativas, disminuyendo así los niveles de población de malezas. La quema prescrita es particularmente apropiada para restaurar o mantener especies y comunidades naturales adaptadas o dependientes del fuego (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Muchas plantas invasoras no están adaptadas al fuego; por tanto, la quema ecológica puede ser una herramienta eficaz para controlar estas especies. Sin embargo, los administradores de la tierra deben determinar primero si el fuego es un componente natural en la comunidad vegetal en cuestión y si se puede esperar que el fuego prescrito ayude a cumplir los objetivos del sitio (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Es importante resaltar que la especie invasora a controlar es pirófita o tiene estrategias reproductivas asociadas a los incendios forestales no se recomienda este método de control.

Debido a los riesgos que supone el uso del fuego en nuestro territorio, la quema prescrita sólo se debe realizar por personal formado, cualificado y autorizado para tal efecto.

### 4.1.2. Control químico

Los métodos de control químicos consisten en el empleo de herbicidas o fitocidas para controlar y eliminar las plantas alóctonas invasoras.

En el ámbito agrícola el uso de los agroquímicos se encuentra totalmente generalizado, en casi todos los sistemas de cultivo avanzados, y ofrece una amplia gama de posibilidades. Los herbicidas se pueden clasificar en función de: la finalidad para la que se empleen (selectivos o totales), la forma de actuación (sistémicos, residuales y de contacto), el lugar de aplicación (hojas, suelo o inyectados), la traslocación por la planta (apoplásticos, simplásticos, ambivalentes o de contacto), la movilidad en el suelo y la persistencia (Capdevila-Argüelles, García, Orueta, & Zilleti, 2006).

A pesar de los fuertes perjuicios existentes en contra de los pesticidas, estos pueden tener una gran eficacia para preservar la biodiversidad. No obstante, en el medio natural, el empleo de estos productos presenta serias limitaciones. La mayoría de los herbicidas tienen escasa especificidad, por lo que se corre el riesgo de afectar a especies nativas que hace falta proteger.

Aunque presentan inconvenientes (persistencia, elevado coste, periodicidad de tratamientos, baja especificidad), en invasiones de extrema gravedad y de gran extensión, los herbicidas son casi la única opción disponible para la lucha. La mejor manera de utilizar el control químico es como complemento del control mecánico para evitar el rebrote.

La selección de un plaguicida comienza con la determinación de la eficacia contra el objetivo y las especies no objetivo con las que podría entrar en contacto, ya sea directamente o a través de fuentes secundarias. Además, deben ser evaluadas: la vida media ambiental, el método de administración, los medios para reducir el contacto con especies no objetivo, la demostración

de la eficacia y la recopilación de datos para garantizar el cumplimiento del uso ambientalmente seguro (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Para que el uso de un herbicida sea aceptado por la Unión Europea, tiene que pasar durante años por estrictos test y controles (Fagundez & Barrada, 2007). Para que un producto pueda comercializarse en España debe estar autorizado previamente e inscrito necesariamente en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios.

Una vez identificado, probado y registrado, un plaguicida puede permitir el control rápido de la especie objetivo en grandes áreas y, como resultado, reducir la necesidad de personal y el coste en comparación a otros métodos (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

*Ilustración 16. Zona de tratamiento fitosanitario señalizada y delimitada (CMVMC de Coiro 2020)*

La legislación española establece que los tratamientos con productos fitosanitarios para usos no agrarios deben adecuarse a un plan de trabajo previo el asesoramiento sobre la gestión integrada de plagas. En ocasiones, el control de especies invasoras se realiza en cortafuegos, redes viarias o parques forestales, por lo que se deben adoptar las medidas necesarias para evitar que se produzca el acceso de terceros, tanto durante la ejecución de los tratamientos como durante el periodo de tiempo siguiente que se haya determinado necesario para cada caso. (Ver *Ilustración 16*)

Siendo necesaria, en estos casos, la señalización de la zona indicando: el producto aplicado, la fecha y método de aplicación y los plazos de reentrada (Ver *Ilustración 17*).

Para la aplicación de herbicidas existen diversas técnicas y opciones:

*Ilustración 17. Ejemplo de etiqueta informativa de tratamiento fitosanitario (CMVMC 2020)*

#### *4.1.2.1. Muesca (Hack - squirt)*

La técnica de la muesca consiste en realizar incisiones con herramientas manuales (macheta, tajamata, etc.) a lo largo de la corteza de los troncos, a intervalos de 10 cm, aplicando herbicida debajo de la corteza mediante pulverizado o con brocha (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

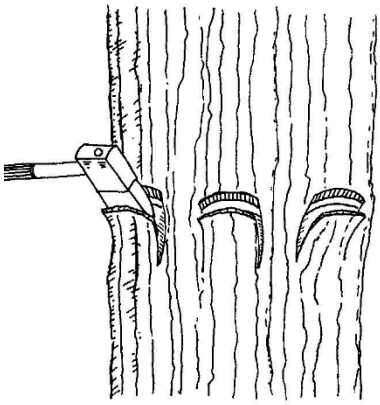

*Ilustración 18.Método Hack-Squirt (Heiligmann, 1997)*

*Ilustración 19.Hack-squirt con tajamata (CMVMC de Coiro 2020)*

Esta técnica se suele emplear en especies leñosas de pequeño diámetro (< 5 cm Dn) donde no es posible utilizar otras técnicas como *Cenefa de muescas (Frilling technique)* o *Inyectado (Drill-fill)*.

En las especies ramificadas desde la base se debe tratar cada tallo de forma individual ya que la traslocación no es muy eficaz.

#### *4.1.2.2. Cenefa de muescas (Frilling technique)*

La técnica de cenefa de muescas es una variante de la muesca, consiste en realizar la sucesión de muescas a la misma altura del tronco, formando una cenefa o volante de cortes alrededor del mismo. Posteriormente se aplicaría herbicida debajo de la corteza mediante pulverización o pincelado.

Esta técnica está orientada a especies leñosas de mayor diámetro que en la técnica de *Muesca (Hack - squirt)*.

Al igual que con la técnica de *Muesca (Hack - squirt)*, en las especies ramificadas desde la base se debe tratar cada tallo de forma individual ya que la traslocación no es muy eficaz.

Algunos autores no diferencian entre las técnicas de *Muesca (Hack - squirt)* y *Cenefa de muescas (Frilling technique)*.

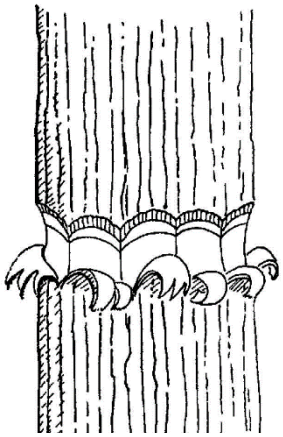

*Ilustración 20. Método Frilling (Heiligmann, 1997)*

#### *4.1.2.3. Inyectado (Drill-fill)*

La técnica de inyectado consiste en realizar una perforación en el tronco, traspasando la corteza, pero sin llegar al duramen, mediante el uso de una broca acoplada a un taladro o un berbiquí, e inmediatamente después llenar la perforación con el fitocida a emplear (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

*Ilustración 21. Drill-fill con taladro a batería (CMVMC de Coiro 2020)*

*Ilustración 22. Drill-fill con berbiquí manual (CMVMC Coiro 2020)*

Esta técnica está orientada a especies leñosas de mayor diámetro donde la técnica de *Cenefa de muescas (Frilling technique)* sería muy trabajosa de realizar y la técnica de *Muesca (Hack - squirt)* sería insuficiente para matar al árbol.

Esta técnica presenta el mismo inconveniente que en las técnicas anteriores en el caso de especies ramificadas desde la base.

*Ilustración 23. Llenado de Drill-fill con biberón (CMVMC de Coiro 2020)*

Existe una variante de este método donde se utilizan elementos de endoterapia (depósito y cánula) para administrar el herbicida que va siendo absorbido paulatinamente por el árbol.

*Ilustración 24. Cánula de endoterapia (CMVMC de Coiro 2020)*

*Ilustración 25. Depósito de endoterapia (CMVMC de Coiro 2020)*

#### *4.1.2.4. Pulverizado (Foliar spraying)*

El pulverizado consiste en la aplicación del herbicida mediante el uso de un atomizador o nebulizador. El tratamiento se debe realizar en días sin viento, frescos y durante la fase de crecimiento de la especie a tratar.

*Ilustración 26. Pulverizado de C. selloana con mochila atomizadora manual (CMVMC de Darbo 2019)*

Esta técnica esta especialmente indicada para especies herbáceas (Ver *Ilustración 26* y *Ilustración 27*), aunque se puede combinar con el método de *Siega (Mowing)* o *Corte o tala (Cut down)* si se espera a que aparezcan los rebrotes tiernos tras la corta.

*Ilustración 27. Pulverizado de C. selloana con nebulizador a gasolina (CMVMC de Darbo 2020)*

#### *4.1.2.5. Pintado (Cut-stump)*

La técnica de pintado consiste en la aplicación del herbicida sobre la superficie del tocón del árbol recién cortado (no deben pasar más de 30 segundos), antes de que la traslocación vía floema se haya detenido (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

*Ilustración 29. Cut-stump en A. melanoxylon (CMVMC de Coiro 2020)*

*Ilustración 28. Alumnado del "Obradorio Granxa da Rúa VIII" realizando Cut-stump con motosierra de poda (CMVMC de Darbo 2019)*

Esta técnica está especialmente orientada a eliminar especies con capacidad de rebrote de cepa y con un diámetro basal superior a 5 cm.

#### *4.1.2.6. Tratamiento de suelo*

El tratamiento de suelo es una técnica de uso agrario, consiste en la aplicación en el suelo de herbicida, generalmente en gránulos, alrededor de la planta. No obstante, debido a la persistencia y a la movilidad del herbicida en el suelo, resulta peligroso para la flora próxima y para la fauna dulceacuícola, pudiendo causar serios problemas si se aplica cerca de alguna corriente fluvial o zona húmeda, razón por la que esta técnica se desaconseja en el medio natural (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

### 4.1.3. Control biológico y manejo

Los métodos biológicos de control consisten en el empleo de organismos del nivel trófico superior (enemigos naturales o bioagentes) o sustancias sintetizadas naturalmente para regular las poblaciones de las especies alóctonas invasoras.

A La hora de diseñar un plan de control biológico, hay que tener en cuenta que esta no es una herramienta con un efecto inmediato. Se necesita tiempo para localizar el agente adecuado, introducirlo, para que se establezca y que inicie el control de la especie invasora. En cualquier caso, resulta un método de control muy atractivo, al suponer una protección a más largo plazo

que ningún otro y, en general, el que tiene menor coste de los anteriores manteniendo las poblaciones de la especie invasora, a veces de manera permanentemente, por debajo de los umbrales de daño económico o ambiental.

Otra desventaja del control biológico es que en ocasiones la especificidad entre huésped y bioagente no es total, pudiendo convertirse éste en enemigo de otras especies de la flora autóctona o de interés económico. Por lo tanto, los métodos de control biológico se deben ejecutar y evaluar de manera controlada porque suponen la introducción de nuevos organismos exóticos en el medio natural, cuyo comportamiento en el ecosistema puede dar lugar a nuevas disrupciones de consecuencias imprevisibles, siendo un riesgo potencial para la comunidad autóctona (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

El control biológico se puede clasificar en dos líneas principales: los que son autosuficientes y los que no lo son (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Los métodos que no son autosuficientes incluyen el control biológico inundativo, mediante el uso de patógenos, parasitoides o depredadores que no se reproducirán o sobrevivirán en el ecosistema. Estas liberaciones masivas se utilizan para reaccionar rápidamente y controlar la población de una plaga.

Los métodos de control biológico autosuficientes incluyen: el manejo del hábitat y el control biológico clásico. El manejo del hábitat puede mejorar las poblaciones de depredadores y parasitoides nativos de forma directa o indirecta.

El control biológico clásico, en su forma más simple, consiste en la introducción de un enemigo natural específico de la planta invasora. Las especies exóticas invasoras a menudo son controladas en su área de distribución original por sus enemigos naturales, pero generalmente se introducen en nuevos entornos sin estos enemigos naturales. Una de las causas de expansión descontrolada de las especies es el hecho de que vienen sin sus depredadores naturales. Por lo tanto, una forma de controlar sus poblaciones es introducir los enemigos naturales en el nuevo ecosistema (Díaz Varela, 2009). Los enemigos naturales para la introducción se seleccionan sobre la base de la especificidad de su hospedador para minimizar o eliminar cualquier riesgo de efectos sobre especies no objetivo.

El objetivo no es la erradicación de las especies exóticas invasoras, sino reducir su competitividad con las especies nativas, reduciendo así su densidad y su impacto en el medio ambiente (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001). Pero los efectos de este control pueden ser variados, en los casos más exitosos, pueden erradicar totalmente poblaciones extensas de la especie invasora por sí solos, pero también es posible que solo tengan efectos más locales o puntuales. Así, puede ser usado simplemente como complemento del control mecánico, por ejemplo, ayudando a evitar o controlar el rebrote de los tocones (Fagundez & Barrada, 2007).

Ha habido bastante debate en los últimos años acerca de la seguridad del control biológico clásico, particularmente con respecto al potencial de los agentes de control biológico introducidos para tener efectos adversos en organismos no objetivo. Sin embargo, hoy los estándares de seguridad del control biológico son muy rigurosos. Es un requisito normal evaluar la especificidad de todos los agentes propuestos para su introducción. Esto implica pruebas de detección exhaustivas de laboratorio y de campo. Entonces, la autoridad nacional competente puede tomar una decisión informada teniendo en cuenta el potencial de cualquier efecto sobre los organismos no objetivo (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

El control biológico es particularmente apropiado para su uso en reservas naturales y otras áreas de conservación debido a su naturaleza amigable con el medio ambiente y la prohibición del uso de pesticidas en muchas de esas áreas (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

*Ilustración 30. Utilización de cabras en la CMVMC de Hío para el control de combustible forestal (CMVMC de Hío 2019)*

Entre las estrategias de control biológico descritas en la literatura encontramos:

#### *4.1.3.1. Pastoreo (Grazing)*

El pastoreo consiste en el empleo de herbívoros domésticos para el control de determinadas especies alóctonas invasoras comestibles, que fueran lo suficientemente palatables y que no ocasionaran al ganado problemas toxicológicos o sanitarios (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004).

El manejo del hábitat con mamíferos en pastoreo puede ser una opción adecuada para obtener la cobertura vegetal deseada (Ver *Ilustración 30*). Este método funciona mejor cuando las plantas que se van a conservar están adaptadas al pastoreo, es decir, están adaptadas a grandes poblaciones de grandes mamíferos herbívoros o prevalecen en hábitats creados por el hombre, como pastos y brezales. En general, se ha utilizado para gramíneas invasoras (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Por otro lado, el pastoreo no controlado a menudo favorece a las plantas exóticas, ya que el pastoreo puede eliminar preferentemente la vegetación nativa, dejando que las plantas exóticas, especialmente las especies tóxicas, crezcan bajo competencia reducida.

#### *4.1.3.2. Cambio de factores abióticos*

El cambio de factores abióticos consiste en la modificación de la estación mediante intervenciones externas. La mayoría de las invasiones de especies no autóctonas son causadas o al menos favorecidas por la alteración humana de los ecosistemas, los cambios de factores

abióticos pretenden revertir estas alteraciones para dificultar la supervivencia o reproducción de las especies objetivo.

*Ilustración 31. Fajinas construidas con ejemplares jóvenes de A. melanoxylon (CMVMC de Teis)*

En el medio forestal se pueden realizar trabajos silvícolas que favorezcan el mulching (ver *3.2.1.9.Acolchado (Mulching)*), implantación de fajinas para la mejora del suelo o fomento del sombreo natural mediante plantaciones de especies autóctonas.

#### *4.1.3.3. Aprovechamiento de especies invasoras*

El aprovechamiento de especies invasoras consiste en promocionar el uso de las especies objetivo como recurso con la finalidad de limitar su propagación y eliminar ejemplares adultos.

En muchas partes del mundo con alta densidad humana, las plantas invasoras son estimadas también por su producción de leña de gran valor u otros usos (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001). Muchas especies invasoras pueden comerse o tener frutos comestibles, que pueden explotarse para el consumo humano o como forraje para animales domésticos.

En algunos casos, los árboles invasores proporcionan productos o servicios útiles y, cuando la erradicación no es posible, deben identificarse opciones de manejo para equilibrar los aspectos positivos y negativos (Cock, Kenis, & Wittenberg, 2004).

Sin embargo, la promoción de una especie invasora como recurso puede resultar contraproducente, proporcionando un incentivo para que la sociedad propague las especies invasoras a áreas aún no infestadas. Este problema debe evaluarse caso por caso para estimar el peligro y los beneficios potenciales (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

#### *4.1.3.4. Micoherbicidas*

El uso de micoherbicidas consiste en el empleo de hongos para el control de especies vegetales a modo de fitocida.

Los hongos para el control de malezas específicas han estado disponibles durante algún tiempo, y el desarrollo de otros nuevos es cada vez más rutinario.

Estos productos suelen ser específicos de un huésped debido a la fisiología del hongo o a la forma en que se utilizan. Esto hace que su uso sea atractivo en muchas situaciones, pero también significa que el mercado es pequeño, lo que los hace comercialmente menos atractivos que los herbicidas tradicionales. No obstante, existe un nicho de mercado que podría desarrollarse para abordar necesidades específicas de conservación para controlar las plantas exóticas invasoras, como parte de un programa de manejo (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

#### *4.1.3.5. Entomoplaguicidas*

El uso de entomoplaguicidas consiste en el empleo de insectos para el control de especies invasoras. Las estrategias de control son muy diversas, desde la alimentación directa de hojas y raíces, hasta el parasitismo de semillas. Los entomoplaguicidas serían un tipo específico de bioplaguicidas.

El uso de fauna útil ya tiene un largo recorrido en la agricultura ecológica y silvicultura, aunque siempre orientado a la protección de las plantas, no a su control y eliminación.

La mayoría de los tipos de bioplaguicidas son relativamente específicos para las plagas objetivo y muchos son muy específicos. Es esta especificidad lo que hace que su uso sea atractivo en comparación con los plaguicidas químicos de amplio espectro (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Desgraciadamente, existen pocos comercializados que puedan ser adquiridos en Europa, ya que su disponibilidad es muy escasa, esto unido a los inconvenientes propios del control biológico los hacen difíciles de implementar en nuestro territorio.

En la siguiente tabla se pueden ver algunos ejemplos de entomoplaguicidas en especies forestales invasoras:

| Especie objetivo | Orden | Bioagente | Forma de control |
|---|---|---|---|
| *A. dealbata* | Coleoptera | *Melanterius servulus* | Se alimentan de las semillas |
| *A. melanoxylon* | Hymenoptera | *Trichilogaster acaciaelongifoliae* | Realiza la puesta en las yemas florales |
| *R. pseudoacacia* | Homoptera | *Icerya purchasi* | Se alimentan de las hojas y yemas |
| *R. pseudoacacia* | Homoptera | *Aspidiotus hederae* | Se alimentan de las hojas y yemas |
| *R. pseudoacacia* | Homoptera | *Planococcus citri* | Se alimentan de las hojas y yemas |

*Tabla 2. Ejemplo de bioagentes de control biológico de leguminosas invasoras en España (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004)*

Las estrategias de control con entomoplaguicidas son diversas, desde la suelta masiva de bioagentes criados en laboratorio, hasta manejo del hábitat para favorecer el aumento poblacional de los insectos útiles.

### 4.1.4. Control integrado

Durante las últimas décadas el manejo de plagas en los sistemas agroforestales ha evolucionada desde el uso intensivo de agroquímicos como único método de control dirigido a cada una de las plagas específicas a un enfoque cada vez más integrado.

El desarrollo del concepto de manejo integrado de plagas fue probablemente el primer y mayor paso, cuando se reconoció que se podían usar diferentes métodos de control de plagas en combinación para lograr objetivo deseado (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001). En ocasiones el control de plagas tradicional causaba desequilibrios que fomentaba la aparición de otras plagas.

La comparación con el control de especies invasoras es evidente. En un principio podemos considerar que para el control de una especie invasora se debe utilizar el método con mayor eficacia. Pero resulta evidente que se puede lograr un mayor éxito mediante el uso de varios métodos de control de manera integrada.

En el caso de que existan varias especies invasoras cohabitando el mismo entorno, el resultado final será más eficiente si se controlan de manera integrada. Evitando así que la eliminación de una masa invasora propicie la implantación en el mismo lugar de otra cercana.

El objetivo final de la preservación de la biodiversidad autóctona en el área de conservación que se maneja debe mantenerse al frente de la planificación y el monitoreo de especies exóticas invasoras. Involucrando varios métodos para cumplir poder preservar o restaurar el ecosistema y sus funciones (Wittenberg, Cock, & Global Invasive Species Programme., 2001).

Las especies arbóreas invasoras tienden a tener un impacto multisectorial y, por lo tanto, deben abordarse con un enfoque multisectorial (Cock, Kenis, & Wittenberg, 2004). La combinación de los métodos descritos anteriormente proporcionará a menudo el control más eficaz y aceptable. La integración de métodos basados en la investigación ecológica, monitoreados regularmente y la coordinación casi siempre logrará los mejores resultados en el manejo de la población de especies invasoras de forma independiente o puntual.

Este proceso integrado necesita una evaluación de la situación y probablemente una parte experimental de las mejores prácticas para establecer protocolos para la gestión de las especies invasoras.

El control integrado puede ser complejo, combinando varias técnicas o estrategias diferentes, puede ser más sencillo, utilizando un solo método en base a un criterio de selección.

Existe una diferencia significativa entre los programas de control integrado orientados a las plagas agroforestales y los orientados al control de especies invasora. El control integrado de plagas trata de obtener el máximo rendimiento económico de la producción, a veces limitando el uso de fitosanitarios para fomentar los enemigos naturales y controlando la plaga bajo el umbral económico. Sin embargo, en el control integrado de especies invasoras no existen enemigos naturales o son demasiados generalistas para ser efectivos. Por esta razón los programas de control integrado son locales.

La implementación de programas de control integrado depende de una gran cantidad de variables, por lo que no se puede dar una recomendación general para ningún grupo taxonómico. De hecho, la variación local de las variables hace que el programa detallado de control integrado sea específico para cada localización y que deba variar con el tiempo. Por lo tanto, cualquier programa de control integrado para una especie exótica invasora debe evolucionar basándose en el conocimiento disponible sobre el organismo invasor, el ecosistema invadido, las condiciones climáticas, los medios humanos y materiales disponibles y otras especies exóticas y nativas que prosperan en el mismo hábitat.

## 4.2. Herramienta de selección de metodologías

Teniendo en cuenta el enfoque de control integrado se hace necesaria una herramienta a modo de sistema de ayuda a la toma de decisiones para el diseño y ejecución de los protocolos de control integrado adaptados a cada caso.

Esta herramienta debe tener en cuenta aspectos como: las especies a controlar, las limitaciones técnicas, los tipos de personal disponible y su capacitación, los efectos derivados del control de las especies invasoras.

Para el presente estudio se ha diseñado una herramienta de selección y métodos y técnicas viables en base a criterios objetivos y subjetivos.

### 4.2.1. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se han seleccionado en base a la experiencia de campo adquirida en el "Obradoiro de emprego Granxa da Rúa" en Cangas do Morrazo.

Los criterios de evaluación deben ser dinámicos en el tiempo y adaptarse a los objetivos específicos de cada actuación, por lo tanto, esta herramienta es una propuesta de evaluación para un proyecto específico de eliminación de especies invasoras en la comunidad de montes en mano común de Coiro (Cangas – Pontevedra). En el caso de querer utilizar esta herramienta en otro proyecto se deben revisar los criterios de evaluación conforme a los objetivos específicos de ese proyecto. Los criterios de evaluación se deben aplicar a cada uno de los métodos y técnicas descritos anteriormente para determinar el grado de adaptación al proyecto.

Los criterios de evaluación se han dividido en dos grupos en función de la información que proporcionan en el proceso de selección. Estos dos grupos son: criterios lógicos y criterios cuantitativos.

Los criterios lógicos son criterios binarios (por ejemplo, Sí/No, Apto/No Apto, 0/1) que responden a una pregunta concreta acerca del método a analizar. Esta pregunta es excluyente en caso de responderse de forma negativa, lo que implicaría el descarte del método en el proceso de selección. Los criterios lógicos responden a la pregunta general de: ¿Esa metodología es válida para mi proyecto en concreto?

Los criterios cuantitativos son criterios que se evalúan numéricamente (por ejemplo, de 0 a10) en función de una escala de valores previamente diseñada. Los criterios cuantitativos informan acerca de la adecuación de cada método a los objetivos del proyecto, teniendo que ser modificados en función de cada proyecto en particular.

### 4.2.2. Criterios lógicos

Los criterios lógicos corresponden con preguntas de respuesta excluyente, por lo que una respuesta válida implica automáticamente que el resto de las respuestas sean descartadas.

Los criterios están diseñados para que las respuestas válidas puedan ser afirmativas o negativas. Los criterios están orientados a que las respuestas afirmativas sean las que continúan el proceso de evaluación y las negativas las que lo finalicen automáticamente. En formulación numérica las respuestas afirmativas tendrían el valor 1 y las negativas el valor 0.

En función de la flexibilidad del promotor del proyecto se podrían introducir un tercer tipo de respuestas (respuestas de mejora), que no implicarían la finalización de la evaluación si el promotor está dispuesto a realizar actividades de mejora (investigación, capacitación, inversión en maquinaria, etc.). En el caso descrito no se presenta la función de flexibilidad.

#### *4.2.2.1. Idoneidad*

El criterio de idoneidad hace referencia a la idoneidad del método para el control de las especies objetivo.

El criterio de idoneidad respondería a una pregunta tipo: *¿El método a evaluar es válido para la especie a controlar?* o *¿Existen evidencias científicas de que el método a evaluar es válido para el control de las especies objetivo?*

#### *4.2.2.2. Viabilidad*

El criterio de viabilidad hace referencia a la existencia de los medios materiales y técnicos necesarios para la ejecución de método a evaluar.

El criterio de viabilidad respondería a una pregunta tipo: *¿Se disponen de las máquinas y equipos necesarios para la ejecución del método a evaluar?*

#### *4.2.2.3. Capacitación*

El criterio de capacitación hace referencia a la capacitación del personal encargado de la ejecución del método a evaluar.

La capacitación del personal es un factor importante en todos los métodos de control. Además, la legislación vigente puede exigir un nivel de formación específico para algunos métodos, como puede ser el Canet de usuario profesional de productos fitosanitarios para el uso de herbicidas (Real decreto 1311/2012, del 14 de septiembre, establece el marco de actuación para obtener un uso sostenible de los productos fitosanitarios).

El criterio de capacitación respondería a una pregunta tipo: ¿*El personal encargado de aplicar el método a evaluar dispone de la capacitación mínima para ejecutarlo de forma correcta y dentro de la ley*? o ¿*Los medios humanos disponibles cumplen los requisitos legales y técnicos mínimos para ejecutar el método de control a evaluar*?

### 4.2.3. Criterios cuantitativos

Los criterios cuantitativos corresponden a valores numéricos en función de escalas de graduación.

Los criterios están diseñados de forma inversa a la puntuación, por lo tanto, a menor puntuación más recomendable es un método.

Cada criterio tiene una escala descriptiva de cuatro valores con puntuaciones de uno a cuatro. Esta escala se puede adaptar en función de la precisión en la evaluación que se quiera obtener, a más valores más precisa es la cuantificación. Si se quiere dar más importancia a un criterio sobre los demás, sin necesidad de aplicar fórmulas matemáticas, se puede aumentar el número de valores.

#### *4.2.3.1. Dificultad*

El criterio de facilidad hace referencia al grado de complejidad de la ejecución del método a evaluar. Este criterio subjetivo está directamente relacionado con el índice objetivo de la productividad.

La escala descriptiva para la valoración de la dificultad es la siguiente:

| Descripción | | Valor |
|---|---|---|
| I. | El método no presenta dificultad técnica. Cualquier operario podría realizarlo sin explicación previa. | 1 |
| II. | El método presenta cierta dificultad técnica. Un operario necesitaría una explicación previa para ejecutarlo correctamente. | 2 |
| III. | El método presenta dificultad técnica. Un operario necesitaría formación previa para ejecutarlo correctamente. | 3 |
| IV. | El método presenta gran dificultad técnica. Un operario con formación previa necesitaría práctica para ejecutarlo correctamente. | 4 |

*Tabla 3. Escala descriptiva de la dificultad*

#### *4.2.3.2. Disergonomía*

El criterio de disergonomía hace referencia al grado de comodidad en la ejecución del método a evaluar. Este criterio subjetivo está directamente relacionado con el índice objetivo de la productividad e índice de incidencia de accidentes y enfermedades laborales.

La escala descriptiva para la valoración de la disergonomía es la siguiente:

| Descripción | | Valor |
|---|---|---|
| I. | El método no presenta ninguna postura forzada en la ejecución. Cualquier operario podría realizarlo con ergonomía. | 1 |
| II. | El método presenta cierta incomodidad en la ejecución. Un operario necesitaría atender a su postura para ejecutarlo con ergonomía. | 2 |
| III. | El método presenta posturas forzadas en la ejecución. Un operario necesitaría formación previa para ejecutarlo con ergonomía. | 3 |
| IV. | El método presenta gran dificultad postural. Un operario con formación previa necesitaría práctica para ejecutarlo con ergonomía. | 4 |

*Tabla 4. Escala descriptiva de la disergonomía*

#### *4.2.3.3. Potencial erosivo*

El criterio de potencial erosivo hace referencia al grado de erosión que puede provocar la ejecución del método en zonas con peligro de erosión.

La escala descriptiva para la valoración del potencial erosivo es la siguiente:

| Descripción | Valor |
|---|---|
| I. El método dificulta los procesos erosivos. La aplicación del método ayuda a prevenir o corregir la erosión. | 1 |
| II. El método no afecta a los procesos erosivos. La aplicación del método no tiene efectos en los procesos erosivos. | 2 |
| III. El método afecta a los procesos erosivos. La aplicación del método puede contribuir en los procesos erosivos. | 3 |
| IV. El método favorece los procesos erosivos. La aplicación del método agrava la erosión. | 4 |

*Tabla 5. Escala descriptiva del potencial erosivo*

#### *4.2.3.4. Potencial contaminante*

El criterio de potencial contaminante hace referencia al grado de contaminación potencial que puede causar la ejecución del método. Este criterio es muy genérico ya que incluye todos los tipos de contaminación, pero en función de los objetivos de cada proyecto se pueden separar los diferentes tipos de contaminación.

La escala descriptiva para la valoración del potencial contaminante es la siguiente:

| Descripción | Valor |
|---|---|
| I. El método no puede causar contaminación. La aplicación del método no causa ningún tipo de contaminación en el ambiente después de su ejecución. | 1 |
| II. El método puede contaminar. La aplicación incorrecta del método puede causar contaminación durante o después de su ejecución. | 2 |
| III. El método contamina. La aplicación de método causa contaminación en el ambiente durante o después de su ejecución. | 3 |
| IV. El método tiene alta probabilidad de contaminar. La aplicación de método causa contaminación grave en el ambiente durante o después de su ejecución. | 4 |

*Tabla 6. Escala descriptiva del potencial contaminante*

### 4.2.4. Índice de selección

El índice de selección es un valor numérico que indica la mayor o menor adaptabilidad de un método al proyecto. Cuanto más próximo uno sea el valor mayor será su idoneidad al proyecto, y si el valor es cero no es válido para el caso expuesto en la situación actual.

En el método de evaluación propuesto el índice de selección correspondería con la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{\prod C_l}{\sum C_c} = \frac{\left(C_{l_1} \times C_{l_2} \cdots \times C_{l_x}\right)}{\left(C_{c_1} + C_{c_2} + \cdots C_{c_x}\right)}$$

Donde:

- $C_l$ son los valores de criterio lógico
- $C_C$ son los valores de criterio cuantitativo

### 4.2.5. Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de flujo representa el orden lógico de ejecución de los criterios de evaluación.

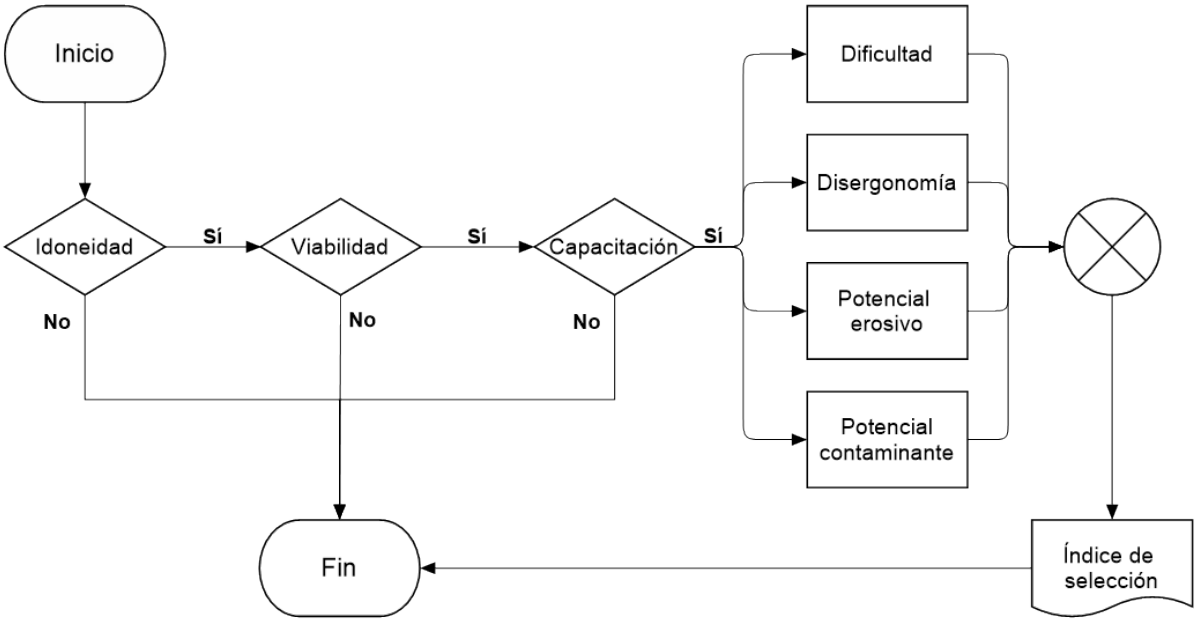


*Ilustración 32. Diagrama de fujo herramienta de selección de métodos de eliminación de especies invasoras*

## 4.3. Aplicación de la herramienta de selección

### 4.3.1. Variables consideradas

Para la aplicación de la herramienta de selección de métodos de control de especies invasoras se han considerado los datos descriptivos de las zonas objeto de control en la Comunidad de montes en mano común de Coiro (Cangas – Pontevedra), la capacitación del alumnado de conservación y mejora de montes del "Obradoiro Granxa da Rúa IX" y los medios materiales de ambas entidades. En la siguiente tabla se presenta un resumen de estas variables

| | |
|---|---|
| **Especies invasoras a controlar**<br>**(Criterio lógico *Idoneidad*)** | *Acacia melanoxylon*<br>*Acacia dealbata*<br>*Robinia pseudoacacia* |
| **Medios materiales disponibles**<br>**(Criterio lógico *Viabilidad*)** | • 2 motosierras<br>• 4 desbrozadoras<br>• 1 tráctel y complementos<br>• 1 podadora de pértiga<br>• 1 taladro eléctrico<br>• 1 nebulizador<br>• 2 mochilas pulverizadoras<br>• Atomizadores manuales<br>• Sierras y serruchos (Varias)<br>• Tijeras de poda (Varias)<br>• Tajamatas, machetes y machetas (Varias)<br>• Palas, layas y azadas (Varias)<br>• Berbiquí<br>• Brochas y pinceles (Varios) |
| **Capacitación del personal**<br>**(Criterio lógico *Capacitación*)** | I. Prevención de riesgos nivel básico<br>II. Manipulador fitosanitarios nivel cualificado<br>III. Operador de motodesbrozadora<br>IV. Operador de motosierra |
| **Características de la zona de trabajo**<br>**(Criterios cuantitativos)** | Pendiente: < 25%<br>Suelo: Leptosol<br>Proximidad a:<br>-vías de comunicación: Sí<br>- masas de agua: Sí<br>- núcleos urbanos: Sí<br>- espacios de acceso público: No<br>- a actividades de personal sensible: No |

*Tabla 7. Resumen de variables de proyecto de eliminación de especies invasoras en la CMVMC de Coiro*

### 4.3.2. Métodos de control seleccionados

Aplicando la herramienta de selección de métodos de control de especies invasoras según las variables propias del proyecto se han obtenido los índices de selección correspondientes a cada uno de los métodos (Ver *Anexo B: Cálculo del índice de selección*).

En la siguiente tabla se muestran los métodos que han pasado el filtro lógico de la herramienta en orden descendente en función de su índice de selección.

| Métodos de control | Idoneidad | Viabilidad | Capacitación | Dificultad | Disergonomía | Potencial erosivo | Potencial contaminante | Índice de selección |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acolchado (Mulching) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,250 |
| Arrancado manual (Hand-pulled) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0,167 |
| Inyectado (Drill-fill) | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0,143 |
| Cambio de factores abióticos | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0,125 |
| Pintado (Cut-stump) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,125 |
| Aprovechamiento de especies invasoras | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0,125 |
| Muesca (Hack - squirt) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0,111 |
| Cenefa de muescas (Frilling technique) | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0,100 |
| Arrancado de raíz (Uprooted) | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0,100 |
| Pulverizado (Foliar spraying) | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,083 |

*Tabla 8. Métodos adecuados para el proyecto de eliminación de especies invasoras en la CMVMC de Coiro*

Entre los métodos evaluados que han superado el filtro lógico el que ha alcanzado el mayor índice de selección ha sido el del *Acolchado (Mulching)* y el menor el del *Pulverizado (Foliar spraying)*.

Para una correcta ejecución del proyecto de eliminación de especies invasoras en la comunidad de montes de Coiro con los medios materiales y humanos del "Obradoiro Granxa da Rúa IX" se debe definir un protocolo de actuación de control integrado con los métodos que han superado el filtro lógico, siguiendo como criterio de preferencia el valor de índice de selección. Los métodos seleccionados son:

1. *Acolchado (Mulching)*
2. *Arrancado manual (Hand-pulled)*
3. *Inyectado (Drill-fill)*
4. *Cambio de factores abióticos*
5. *Pintado (Cut-stump)*
6. *Aprovechamiento de especies invasoras*

Atendiendo a los resultados obtenidos se han comparado con los métodos de eliminación propuestos por publicaciones de reconocido prestigio a nivel nacional y autonómico, como son *Plantas Invasoras de Galicia. Bioloxía, Distribución e Métodos de Control* (Fagundez & Barrada, 2007) y *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España* (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004). Los resultados obtenidos difieren de la literatura en algunos puntos.

El acolchado no aparece mencionado como método de control para ninguna de las tres especies (*A. dealbata*, *A. melanoxylon* y *R. pseudoacacia*), esto puede ser debido a que es una técnica habitual en jardinería y horticultura, pero menos frecuente en el medio forestal. Lo que si indican ambos autores es la capacidad de rebrote y banco de semillas de presente en el suelo, estrategias supervivencia que podremos controlar, en mayor o menor medida, con el acolchado.

En cuanto al arrancado manual ambos autores indican que los medios mecánicos de control por sí solos son insuficientes para la eliminación de *R. pseudoacacia*, aunque (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) indica el arrancado manual como forma de controlar las plántulas. En el caso de las acacias ambos autores coinciden en la falta de eficacia de los métodos mecánicos de control debido a la capacidad de rebrote, pudiendo llegar a ser contraproducentes según (Fagundez & Barrada, 2007) ya que activarian la germinación del banco de semillas. En nuestro caso, la germinación del banco de semillas se controlaría con el acolchado.

La técnica de inyectado, aunque recomendada por otros autores como válida para el tratamiento de leguminosas (Dufour-Dror, 2013), no se menciona en las obras analizadas, limitándose a describir otrs métodos de control químico con mayor riesgo medioambiental. Esta técnica esta considerada como alternativa viable y recomendable para el control de *Acacia saligna* según las notas de soporte del Reglamento 1143/2014 sobre Especies Exóticas Invasoras. Teniendo en cuenta las investigaciones de (Dufour-Dror, 2013) relativas a este método es de esperar que sea extensible a todo el género Acacia y no solo efectivo con la *A. saligna*. Serían necesarios ensayos específicos para demostrar esta viabilidad.

La técnica de pintado de tocones es mencionada en ambas publicaciones. Ambas publicaciones coinciden en la efectividad del método las tres especies. Aunque también recomiendan tratamientos de pulverizado, que según el ensayo expuesto tendría poca afinidad con las variables del caso.

No se ha encontrado ninguna referencia al cambio de factores abióticos y el aprovechamiento de las especies invasoras, aunque (Wittenberg & Cock, 2001) lo citaba como alternativa de control a considerar en "*Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices".*

Las obras contrastadas indican la posibilidad del uso de control biológico, tanto de entomopatógenos como de micoherbicidas, pero hacen referencia a ensayos en Sudáfrica (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) o posibles futuras investigaciones (Fagundez & Barrada, 2007).

Por último, resaltar que el concepto de control integrado aparece citado por (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) como necesario una vez que se ha producido la invasión de *R. pseudoacacia.*

### 4.3.3. Protocolo de control integrado

Una vez usada la herramienta y seleccionado los métodos de control óptimos, se debe elaborar un protocolo de control integrado con los métodos seleccionados.

A modo de ejemplo se ha diseñado un protocolo de ejecución de control integrado en función de su clase diamétrica. Cabe resaltar que el protocolo de control integrado va más allá de lo expuesto en este apartado, incluyendo: la prevención, detección temprana, la evaluación, la gestión y los métodos de control. Dadas las limitaciones de este estudio sólo se ha diseñado la parte del protocolo correspondiente a los métodos de control.

El resumen del protocolo de control integrado de métodos de control de especies invasoras en función de su clase diamétrica en la Comunidad de montes de Coiro sería el expuesto en la siguiente tabla.

| Clase diamétrica | Método de control |
|---|---|
| De 0 a 2 cm diámetro basal | *Arrancado manual (Hand-pulled)*<br>+<br>*Acolchado (Mulching)*<br>+<br>*Cambio de factores abióticos* |
| De 2 a 10 cm de diámetro basal. | *Pintado (Cut-stump)*<br>+<br>*Cambio de factores abióticos* |
| Más de 10 cm de diámetro basal. | *Inyectado (Drill-fill)*<br>+<br>*Cambio de factores abióticos*<br>+<br>*Aprovechamiento de especies invasoras* |

*Tabla 9. Resumen del protocolo de control integrado propuesto para la CMVMC de Coiro*

Primero, los ejemplares más pequeños (de 0 a 2 cm de diámetro basal) presentes en la parcela se arrancarán manualmente (*Arrancado manual (Hand-pulled)*), acumulando los restos en grupos colocados ladera arriba junto al tronco de los ejemplares autóctonos a conservar. Posteriormente estos ejemplares se utilizarán para la construcción de fajinas (*Cambio de factores abióticos*). Las futuras plántulas que puedan crecer se controlarán de forma pasiva mediante el sombreo (*Cambio de factores abióticos*) y la acumulación de hojas (*Acolchado (Mulching)*) en el suelo producida por el tratamiento a los árboles más grandes.

A continuación, los ejemplares intermedios (de 2 a 10 cm de diámetro basal) presentes en la parcela se cortarán mediante sierra manual o motosierra de poda, aplicando inmediatamente una solución de Glifosato 36%, colorante y Alquil poliglicol 20% (*Pintado (Cut-stump)*). La parte aérea cortada se acordonará en forma de fajinas a lo largo de las curvas de nivel con una separación entre ellas de 5 metros (*Cambio de factores abióticos*), utilizando como apoyo los troncos de los ejemplares más grandes de las especies invasoras a controlas, siempre que sea posible. A esos cordones se le añadirán los grupos de ejemplares más pequeños eliminados anteriormente.

Por último, los ejemplares más grandes (más de 10 cm de diámetro basal) presentes en la parcela se perforarán con taladro eléctrico con una broca de 12 mm de diámetro en un ángulo de 45° respecto del eje del tronco, en la perforación se introducirá Glifosato 36% sin diluir (*Inyectado (Drill-fill)*). Cada árbol tratado de esta forma se deberá señalizar conforme a la legislación vigente de tratamientos fitosanitarios. Pasadas entre 5 a 10 semanas los ejemplares correctamente tratados habrán muerto y perdido sus hojas por completo, de no ser así repetir el tratamiento. Una vez muertos todos los ejemplares de la parcela se apearan pudiéndose utilizar el fuste para aprovechamiento de leñas (*Cambio de factores abióticos*) y las ramas para completar la construcción de las fajinas (*Aprovechamiento de especies invasoras*).

Una vez eliminados todos los individuos de la especie invasora se debe implantar una nueva masa de especies autóctonas (*Cambio de factores abióticos*) para que en un futuro controlen la insolación y limiten el crecimiento de las semillas presentes en el banco de semillas del suelo.

Tras el tratamiento de control se debe seguir un protocolo de seguimiento con el objetivo de detectar y controla de forma temprana cualquier aparición de nuevos individuos de la misma especie invasora o cualquier otra nueva.

En el siguiente diagrama de flujo representa la ejecución del protocolo propuesto.

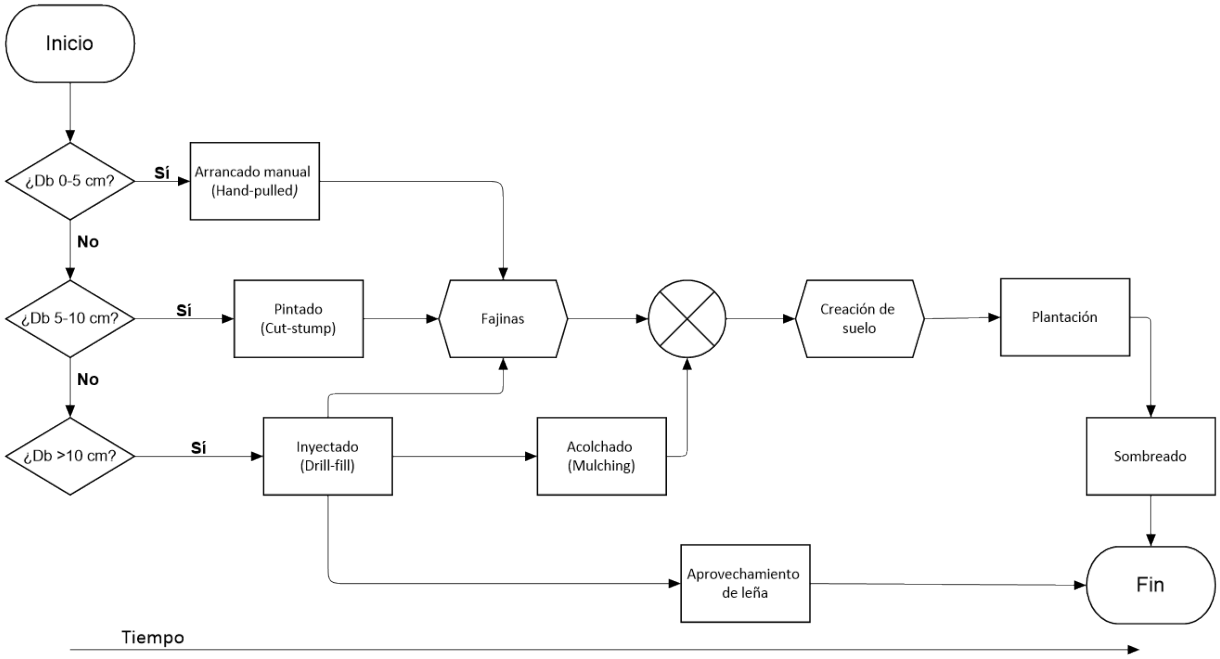


*Ilustración 33. Diagrama de flujo del protocolo de control integrado en función de la clase diamétrica*

Exceptuando la cita ya mencionada de (Sanz Elorza, Dana Sánchez, & Sobrino Vesperinas, 2004) acerca del control integrado en *R. pseudoacacia* y la descriptiva metodológica que hace (Wittenberg & Cock, 2001) en su obra "*Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices"* no se han encontrado referencias salientables del control integrado en los géneros Acacia y Robinia, considerando que es necesaria nuevos estudios sobre el tema.

# 5. Conclusiones

De la elaboración de este estudio técnico se han obtenido las siguientes conclusiones:

I. Una adecuada estrategia de control de especies invasoras no solo de deben decidir los métodos de eliminación, sino, además, se deben investigar y desarrollar las acciones preventivas, los protocolos de detección temprana, las estrategias de manejo, los métodos de seguimiento, los procedimientos de control y mantenimiento.

II. Los métodos de control de especies invasoras deben estar integrados de tal forma que se generen sinergias entre ellos y se adapten de la mejor forma posible a las variables locales y particulares de ejecución.

III. Alcanzar un éxito generalizado en el control de las especies invasoras requiere más investigación científica y divulgación social, informando y formando al público en general y especialmente a los profesionales relacionados con los sectores afectados.

IV. La protección ambiental y de los trabajadores debe ser el foco en futuras investigaciones de los métodos de control de especies invasoras, con el objetivo de mejorarlos e implementar los avances tecnológicos disponibles en las metodologías actuales ofreciendo una mayor seguridad a los trabajadores y al medioambiente

V. El presente estudio presenta limitaciones intrínsecas, subordinado su propio ámbito y objetivos, y extrínsecas, condicionado por el tiempo y la situación sociosanitaria, que deberán ser superadas en futuras investigaciones, llevando a la práctica la herramienta de selección a otros escenarios.

# 6. Bibliografía

Adriaens, T., Vandegehuchte, M., & Casaer, J. (2018). *Guidance for drafting best management practices for invasive alien species.* Research Institute for Nature and Forest, Brussels (Belgium).

Alvarado, S., Buisson, E., Rabarison, H., Birkinshaw, C., & Lowry II, P. (13 de 3 de 2012). Ibity Mountain, Madagascar: background and perspectives for ecological restoration. *Ecological Restoration, 30*, 12-15.

Calvino-Cancela, M., & Rubido-Bará, M. (18 de 6 de 2013). Invasive potential of Eucalyptus globulus: Seed dispersal, seedling recruitment and survival in habitats surrounding plantations. *Forest Ecology and Management, 305*, 129–137.

Calvino-Cancela, M., Lorenzo, P., & González, L. (22 de 12 de 2017). Fire increases Eucalyptus globulus seedling recruitment in forested habitats: Effects of litter, shade and burnt soil on seedling emergence and survival. *Forest Ecology and Management, 409*, 826-834.

Capdevila-Argüelles, L., García, Á., Orueta, J., & Zilleti, B. (2006). *Especies Exóticas Invasoras. Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo* (1 ed.). Madrid (Spain): Organismo Autónomo Parques Nacionales.

Cock, M., Kenis, M., & Wittenberg, R. (2004). Biosecurity and forests: an introduction. *Forest Genetic Resources., 31*, 2-4.

Díaz Varela, R. (2009). *Plantas Invasoras.* Lugo (Spain): Universidade de Santiago de Compostela. Servizo de Publicacións e Intercambio Científico.

Dufour-Dror, J.-M. (2013). *Guide for the Control of Invasive Trees in Natural Areas in Cyprus: Strategies and Technical Aspects Submitted to the Cyprus Department of Forests, Republic of Cyprus.*

Fagundez, J., & Barrada, M. (2007). *Plantas Invasoras de Galicia. Bioloxía, Distribución e Métodos de Control.* Santiago de Compostela (Spain): Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia.

Heiligmann, R. B. (1997). Controlling Undesirable Trees, Shrubs, and Vines in Your Woodlands. *Extension Fact Sheet, School of Natural Resources, The Ohio State University, Columbus, Ohio.*

Holmes, P. (1 de 7 de 1989). Effects of different clearing treatments on the seed-bank dynamics of an invasive Australian shrub, Acacia cyclops, in the Southwestern Cape, South Africa. *Forest Ecology and Management, 28*, 33-46.

Lorenzo, P., & Rodríguez-Echeverría, S. (1 de 3 de 2012). Influence of soil microorganisms, allelopathy and soil origin on the establishment of the invasive Acacia dealbata. *Plant Ecology & Diversity, 5*.

Lorenzo, P., & Rodríguez-Echeverría, S. (1 de 1 de 2015). Cambios provocados en el suelo por la invasión de acacias australianas. *Ecosistemas, 24*.

Lorenzo, P., González, L., & Reigosa Roger, M. (1 de 1 de 2010). The genus Acacia as invader: The characteristic case of Acacia dealbata Link in Europe. *http://dx.doi.org/10.1051/forest/2009082, 67*.

Lorenzo, P., Pazos-MalvidoA, E., Rubido-Bará, M., & González, L. (1 de 1 de 2012). Invasion by the leguminous tree Acacia dealbata (Mimosaceae) reduces the native understorey plant species in different communities. *Australian Journal of Botany, 60*.

Lorenzo, P., Pereira, C., & Rodríguez-Echeverría, S. (1 de 2 de 2013). Differential impact on soil microbes of allelopathic compounds released by the invasive Acacia dealbata Link. *Soil Biology and Biochemistry, 57*.

Lorenzo, P., Rodríguez, J., González, L., & Rodríguez-Echeverría, S. (1 de 8 de 2017). Changes in microhabitat, but not allelopathy, affect plant establishment after Acacia dealbata invasion. *Journal of Plant Ecology, 10*, 610-617.

Lorenzo, P., Rodríguez-Echeverría, S., González, L., & Freitas, H. (1 de 3 de 2010). Effect of invasive Acacia dealbata Link on soil microorganisms as determined by PCR-DGGE. *Applied Soil Ecology, 44*, 245-251.

Moreno Saiz, J., Baudet, A., Blanca, G., Güemes, J., & Ortiz, S. (2019). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España.* Madrid (Spain): Ministerio para la Transición Ecológica-Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas.

Moyo, H., Scholes, M., & Twine, W. (1 de 2 de 2014). The effects of repeated cutting on coppice response of Terminalia sericea. *Trees, 29*, 161-169.

Moyo, H., Scholes, M., & Twine, W. (10 de 7 de 2015). Resprouting after coppicing is negatively influenced by browsing in Terminalia sericea. *Ecological Research, 30*.

Navalpotro, J., & Pérez, M. (10 de 7 de 2019). El fracaso de la evaluación de impacto ambiental en infraestructuras viales: estudio del caso del Corredor del Morrazo y Puente de Rande (Pontevedra, Galicia). *Cuadernos Geográficos, 58*.

Nereu, M., Silva, J., Deus, E., Nunes, M., & Potts, B. (1 de 12 de 2019). The effect of management operations on the demography of Eucalyptus globulus seedlings. *Forest Ecology and Management, 453*.

Ramil-Rego, P., & Vales, C. (2019). *Especies Exóticas Invasoras: situación e propostas de mitigación.* Lugo (Spain): Monografías do Ibader, Serie Biodiversidade. Universidade de Santiago de Compostela.

Rodríguez, J., Cordero-Rivera, A., & González, L. (2019). *Herbivore accumulation by invasive alien plants: a problem or an opportunity?*

Rodríguez, J., González, L., & Lorenzo, P. (2014). ¿Está Acacia dealbata Link usando diferentes patrones de crecimiento para colonizar distintos ecosistemas? *V Congreso internacional de agroecología y agricultura ecológica.* Vigo (Spain).

Rodríguez, J., Lorenzo, P., & González, L. (6 de 5 de 2017). Different growth strategies to invade undisturbed plant communities by Acacia dealbata Link. *Forest Ecology and Management, 399*, 47-53.

Rodríguez, J., Thompson, V., Rubido-Bará, M., Cordero-Rivera, A., & González, L. (10 de 1 de 2019). Herbivore accumulation on invasive alien plants increases the distribution range

of generalist herbivorous insects and supports proliferation of non-native insect pests. *Biological Invasions, 21*, 1511–1527.

Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E. D., & Sobrino Vesperinas, E. (2004). *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España.* Madrid (Spain): Dirección General para la Biodiversidad.

Souza-Alonso, P., Guisande-Collazo, A., & González, L. (2014). The Times They are a-changin´: Impact of Acacia dealbata Link on Soil Chemistry and Microbial Community Over a Chronological. *8th International Conference on Biological Invasions from understanding to action.* Antalya (Turkey).

Vázquez de la Cueva, A., Martínez-Fernández, J., Hernández, L., & Cañellas, I. (2012). Interactions between the dynamics of Acacia spp. in Galicia (NW Spain) and forest fire incidence. *7th European Conference on Biological Invasions. Halting Biological Invasions.* Pontevedra (Spain).

Wittenberg, R., & Cock, M. (2001). *Invasive alien species : a toolkit of best prevention and management practices.* (R. Wittenberg, M. Cock, & Global Invasive Species Programme, Edits.) Wallingford (United Kingdon): CABI Pub.

# 7. Anexos

## 7.1. Anexo A: Cálculo del índice de selección

El cálculo del índice de selección para el caso expuesto se ha realizado conforme a la siguiente ecuación:

$$I_s = \frac{\prod C_l}{\sum C_c} = \frac{(C_{l_1} \times C_{l_2} \cdots \times C_{l_x})}{(C_{c_1} + C_{c_2} + \cdots C_{c_x})}$$

Donde:

- $C_l$ son los valores de criterio lógico
- $C_C$ son los valores de criterio cuantitativo

Los valores de criterio lógico y cuantitativo utilizados, y los resultados de los índices de selección obtenidos se pueden consultar en la siguiente tabla:

| | Métodos de control | Criterios lógicos | | | Criterios cuantitativos | | | | Índice de selección |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Idoneidad | Viabilidad | Capacitación | Dificultad | Disergonomía | Potencial erosivo | Potencial contaminante | |
| Control físico | Corte o tala (Cut down) | 0 | 1 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0,000 |
| | Siega (Mowing) | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0,000 |
| | Rozas periódicas (Repeated cutting) | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 0,000 |
| | Arrancado manual (Hand-pulled) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0,167 |
| | Arrancado de raíz (Uprooted) | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0,100 |
| | Decapado (Bulldozing) | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 4 | 2 | 0,000 |
| | Laboreo (Tillage) | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 | 4 | 2 | 0,000 |
| | Anillado (Girdling) | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0,000 |
| | Descortezado (Barkout) | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0,000 |
| | Acolchado (Mulching) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,250 |
| | Tratamiento térmico (Heat treatment) | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0,000 |
| | Solarización (Solarization) | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 | 4 | 3 | 0,000 |
| | Quema prescrita (Prescribed burning) | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 4 | 4 | 0,000 |
| Control químico | Muesca (Hack - squirt) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 0,111 |
| | Cenefa de muescas (Frilling technique) | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0,100 |
| | Inyectado (Drill-fill) | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0,143 |
| | Pulverizado (Foliar spraying) | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,083 |
| | Pintado (Cut-stump) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,125 |
| | Tratamiento de suelo | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 0,000 |
| Control biológico | Pastoreo (Grazing) | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 3 | 1 | 0,000 |
| | Cambio de factores abióticos | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0,125 |
| | Aprovechamiento de especies invasoras | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0,125 |
| | Micoherbicidas | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 3 | 3 | 0,000 |
| | Entomoplaguicidas | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 2 | 3 | 0,000 |



View publication stats