

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**GESTIÓN INTEGRAL Y VÍAS DE VALORIZACIÓN  
PARA LA PLANTA INVASORA “CORTADERIA  
SELLOANA” EN CANTABRIA**

(Integral management and ways of valorization for the  
Cortaderia Selloana invasive plant in Cantabria)

Para acceder al Título de

***Graduado/a en Ingeniería Química***

JAVIER LORENZO MARTIN

Febrero 2020

TÍTULO	<b>GESTIÓN INTEGRAL Y VÍAS DE VALORIZACIÓN PARA LA PLANTA INVASORA “CORTADERIA SELLOANA” EN CANTABRIA</b>		
AUTOR	<b>Javier Lorenzo Martín</b>		
DIRECTORES	<b>María Margallo Blanco Israel Ruiz Salmón</b>		
TITULACIÓN	<i>Ingeniería Química</i>	FECHA	17 de febrero, 2020

### **PALABRAS CLAVE**

*Cortaderia selloana*, plantas invasoras, planes y estrategias de acción, gestión integral, vías de valorización.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La *Cortaderia selloana*, comúnmente conocida como plumero, ha experimentado una notable expansión en todo el mundo debido a su carácter invasor, siendo Cantabria la comunidad española que más ha sufrido su desarrollo y sus efectos negativos sobre la biodiversidad.

Ante esta situación, las autoridades competentes han aprobado numerosas leyes y elaborado diferentes planes y estrategias de acción para gestionar esta especie invasora, con el objetivo de disminuir su avance y conseguir su erradicación total a largo plazo. Sin embargo, a la hora de ponerlos en marcha, las medidas propuestas no han logrado alcanzar todos los objetivos que en ellos se plantearon, debido, por un lado, a la falta de coordinación entre las autoridades y administraciones, y por otro, a la ineficacia de las medidas aplicadas.

Este trabajo presenta el estado del arte de la especie y su gestión, de los planes y estrategias de acción elaborados y legislación relacionada, con el fin de lograr la minimización y eliminación de la invasora. Además, se plantean varias vías de valorización para el plumero en Cantabria hasta su completa erradicación, tales como la gestión integral de la especie como recurso útil en diferentes procesos, atendiendo a las condiciones particulares de Cantabria. Para ello, se analizan diferentes estudios experimentales, que contribuyen a determinar las diferentes alternativas de valorización en la comunidad.

## CONCLUSIONES

Los planes y estrategias de acción proponen métodos de eliminación química para la especie vegetal que pueden ser sustituidos por otras vías que provoquen menos efectos negativos directos e indirectos sobre el medio ambiente y los seres vivos que se encuentran en él.

Así, se proponen las siguientes alternativas de valorización para el plumero, con el objetivo de garantizar una correcta biodiversidad y frenar su expansión hacia el interior de la comunidad:

- Aprovechar su contenido lignocelulósico para la producción de un biocombustible (bioetanol), dando apoyo al proyecto estudiado anteriormente por la empresa Sniace, que contaba con las autorizaciones para producir bioetanol.
- Emplear la capacidad de absorción de sus raíces para la descontaminación de rías y otros elementos fluviales de Cantabria, de una forma natural y sostenible.
- Aplicar los restos del plumero como pasto para el ganado ovino y bovino autóctono, sirviendo como un suplemento alimenticio que no requiere procesados previos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Testoni, D., Villamil, C. B. (2014). Studies in the genus *Cortaderia* (Poaceae). I. Systematics and nomenclature in section *Cortaderia*. *Darwiniana*, nº 2, pp 260-276.
- [2] Hulme, Philip E.; Nentwig, Wolfgang; Pyšek, Petr; Vilà, Montserrat. 2010. DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. *Atlas of Biodiversity Risks*: 134-135. ISSN 978-954-642-446-4.
- [3] Cox, Caroline. Glyphosate, Part 1: Toxicology. En: *Journal of Pesticides Reform*, Volume 15, Number 3, Fall 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 13 p.
- [4] Sanz Elorza M., Dana Sánchez, E. D. y Sobrino Vesperinas E. Eds. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid. 384 pp.

TITLE	<b>INTEGRAL MANAGEMENT AND WAYS OF VALORIZATION FOR THE CORTADERIA SELLOANA INVASIVE PLANT IN CANTABRIA</b>		
AUTHOR	<b>Javier Lorenzo Martín</b>		
ADVISORS	<b>María Margallo Blanco Israel Ruiz Salmón</b>		
DEGREE	<i>Chemical Engineering</i>	DATE	February 17th, 2020

### KEYWORDS

*Cortaderia selloana*, invasive plants, action plans and strategies, integral management, ways of valorization.

### SCOPE

The Cortaderia Selloana, commonly known as a “plumero”, has experienced a remarkable expansion throughout the world due to its invasive character, being Cantabria the Spanish community that has suffered the most from its development and its negative effects on biodiversity.

Given this situation, the competent authorities have passed numerous laws and developed different plans and action strategies to manage this invasive species, with the aim of reducing its progress and achieving its total eradication in the long term. However, at the time of implementation, the proposed measures have failed to achieve all the objectives that were raised, due, on the one hand, to the lack of coordination between authorities and administrations, and on the other, to the inefficiency of the measures applied.

This work presents the state of the art of the species and its management, of the plans and strategies of action elaborated and related legislation, in order to achieve the minimization and elimination of the invasive. In addition, several ways of valorization for the plumero in Cantabria are raised until its complete eradication, such as the integral management of the species as a useful resource in different processes, attending to the particular conditions of Cantabria. For this, different experimental studies are analyzed, which contribute to determine the different valorization alternatives in the community.

## CONCLUSIONS

The action plans and strategies propose chemical elimination methods for the plant species that can be substituted by other routes that cause less direct and indirect negative effects on the environment and living things found in it.

Thus, the following valuation alternatives are proposed for the duster, with the aim of guaranteeing a correct biodiversity and slowing its expansion towards the interior of the community:

- Take advantage of its lignocellulosic content for the production of a biofuel (bioethanol), supporting the project previously studied by the company Sniace, which had the authorizations to produce bioethanol.
- Use the absorption capacity of its roots for the decontamination of rivers and other river elements of Cantabria, in a natural and sustainable way.
- Apply the remains of the plumero as grass for native sheep and cattle, serving as a food supplement that does not require prior processing.

## REFERENCES

- [1] Testoni, D., Villamil, C. B. (2014). Studies in the genus *Cortaderia* (Poaceae). I. Systematics and nomenclature in section *Cortaderia*. *Darwiniana*, nº 2, pp 260-276.
- [2] Hulme, Philip E.; Nentwig, Wolfgang; Pyšek, Petr; Vilà, Montserrat. 2010. DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. *Atlas of Biodiversity Risks*: 134-135. ISSN 978-954-642-446-4.
- [3] Cox, Caroline. Glyphosate, Part 1: Toxicology. En: *Journal of Pesticides Reform*, Volume 15, Number 3, Fall 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 13 p.
- [4] Sanz Elorza M., Dana Sánchez, E. D. y Sobrino Vesperinas E. Eds. (2004). *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid. 384 pp.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Especies exóticas invasoras</b> .....	1
<b>1.2. Cortaderia selloana</b> .....	3
<b>1.3. Distribución geográfica de <i>Cortaderia selloana</i></b> .....	5
<b>1.3.1. Distribución a nivel mundial</b> .....	5
<b>1.3.2. Distribución en España y Cantabria</b> .....	6
<b>1.4. Legislación de las especies invasoras</b> .....	8
<b>1.5. Objetivo</b> .....	11
<b>2. DESARROLLO</b> .....	12
<b>2.1. Estado del arte de características y gestión del plumero en España</b> .....	12
<b>2.2. Planes y estrategias de acción</b> .....	14
<b>2.3. Valoración de los planes y estrategias</b> .....	19
<b>2.4. Vías de valorización para el plumero</b> .....	22
<b>2.5. Análisis de las vías de valorización y su aplicación en Cantabria</b> .....	28
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>4. REFERENCIAS</b> .....	34
<b>5. ANEXOS</b> .....	39
<b>5.1. ANEXO 1. Especies de flora incluidas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras</b> .....	39
<b>5.2. ANEXO 2. Listado de especies exóticas invasoras del Plan Estratégico Regional de Cantabria</b> .....	43
<b>5.3. ANEXO 3. Especies Exóticas Invasoras para Cantabria incluidas en el Catálogo español de especies exóticas invasoras</b> .....	45
<b>5.4. ANEXO 4. Taxonomía especie “<i>Cortaderia Selloana</i>”</b> .....	46

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Especies exóticas invasoras

El movimiento de las especies exóticas invasoras (EEI) se ha ido produciendo a lo largo de toda la historia. El transporte de especies fuera de su área de distribución natural es tan antiguo como la propia humanidad, ya que diversos tipos de plantas y animales han ido acompañando al ser humano en sus rutas migratorias. Este fenómeno se ha ido desarrollando intencionada o accidentalmente desde el descubrimiento del Nuevo Mundo, con un incremento importante a partir del siglo XVI debido a la extensión del comercio y a las grandes conexiones intercontinentales, multiplicándose en la segunda mitad del siglo XX como consecuencia del proceso de globalización que ha sufrido la sociedad hasta nuestros días **[1]**.

Las invasiones biológicas tienen importantes consecuencias a nivel ecológico, económico y social. Además, generan efectos negativos sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas a través de efectos directos e indirectos. Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), son la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, detrás del deterioro de los hábitats, y en Europa, una de cada tres especies está en peligro crítico de extinción por esta creciente amenaza **[2]**.

Como consecuencia, alrededor de un 10-15% de las más de 12000 especies registradas en Europa se estima que son invasoras, lo que supone que esas especies introducidas por la acción humana han podido transformarse fuera de su entorno ecológico natural, adaptarse a un nuevo territorio y constituir un agente de cambio y amenaza real **[3]**.

En España, el número total actual de especies consideradas como invasoras es de 185. Canarias es la comunidad más afectada con un total de 183. Este tipo de especies están legisladas de acuerdo al Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (CEEEI) y que define como especie invasora “aquella que, extraída de su medio original, es capaz de establecerse en un ecosistema o hábitat natural o semi-natural, 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” **[4]**. El catálogo engloba a animales, plantas y otros

microorganismos, y clasifica las EEI en diferentes categorías: hongos, algas, invertebrados no artrópodos, artrópodos no crustáceos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos y flora. Las principales vías de introducción son el cultivo y flora ornamentales, la acuicultura, las sueltas ilegales, el transporte de mercancías por vía terrestre y marítima, la ganadería, la pesca deportiva y el comercio de animales de compañía. [2]. En el anexo 1 del presente TFG se encuentran las especies invasoras correspondientes a la flora en España.

En lo relativo a Cantabria, las especies de flora terrestres son las más abundantes de las consideradas como invasoras. Sus áreas costeras representan una capacidad de acogida de EEI de flora superior a la de otras zonas continentales lejanas al mar, como sucede en el resto de la península ibérica. A este factor, hay que añadirle el deterioro del medio natural debido a la alta densidad de la población, los flujos de transporte, el alto nivel de urbanización y las condiciones climatológicas del litoral. Todos estos factores favorecen el asentamiento y desarrollo de las EEI en la comunidad autónoma. En la figura 1 se muestra la distribución de las invasiones de flora en Cantabria, en la que destacan las causadas por vías involuntarias (47%) y fines ornamentales (42%), y con menor contribución las ocasionadas debido al cultivo (11%).



**Figura 1.** Gráfico de la distribución de las invasiones biológicas de flora en Cantabria obtenido de [5].

La información aportada por las publicaciones estatales junto a los datos recabados de la Dirección General de Montes y Conservación de la Naturaleza del Gobierno de Cantabria han permitido catalogar las EEI en Cantabria. De esta forma, se obtienen 86 especies de flora alóctona (no originarias del lugar en el que se encuentran), de las cuales un 72% son reconocidas “invasoras”, frente al 28% restante que se corresponde con especies cultivadas y/o naturalizadas debido a su escasa abundancia y nula colonización de hábitats o desplazamiento de otras especies por el momento. Dicho catálogo regional se ha ampliado con otras especies invasoras de las comunidades limítrofes (Castilla y León, Asturias, País Vasco), llegándose a contabilizar un total de 125 especies invasoras y/o con potencial invasor [5]. En los anexos 2 y 3 del presente TFG se muestra la lista de EEI según el Plan Estratégico Regional y aquellas especies contabilizadas para Cantabria que están incluidas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, respectivamente.

De las especies presentes en Cantabria, sin duda, la *Cortaderia selloana*, comúnmente llamada “plumero”, es la más notable (Figura 2). Es una especie muy agresiva, con una alta capacidad invasiva y una amplia distribución por la geografía regional. En los apartados siguientes se describen los aspectos más significativos de esta especie.



**Figura 2.** *Cortaderia selloana*.

## 1.2. *Cortaderia selloana*

La *Cortaderia selloana* se conoce vulgarmente como Plumero en España, sin embargo, existen otros nombres utilizados habitualmente en otras regiones para referirse a ella, como Hierba de la Pampa, Carrizo de la Pampa, Cortaderia, Ginerio o Gimnerio. La

información complementaria a la taxonomía de la especie se encuentra en el anexo 4 del presente TFG.

El plumero es una planta perenne, con tallos largos y rectos. Al final de los mismos, se encuentran las flores, de color blanco o rosa pálido. El desarrollo de sus raíces depende de las condiciones de humedad del medio y estará más o menos desarrollado en función de la disponibilidad de agua. El sistema radicular puede llegar a 2 m alrededor del tallo de la planta y alcanzar una profundidad de hasta 3,5 m.

Esta especie puede vivir en condiciones normales entre unos 10 y 15 años. Su reproducción se realiza por semillas que se dispersan a través del viento, pudiendo adherirse a superficies rugosas y desplazarse largas distancias, de hasta 30 kilómetros. También puede reproducirse vegetativamente por medio del brote de trozos de raíces. En los últimos años esta especie ha sufrido un espectacular aumento en el número y tamaño de sus poblaciones, favorecido por la construcción de grandes infraestructuras viarias, polígonos industriales y urbanizaciones, en definitiva, zonas donde se producen alteraciones del suelo, teniendo así menos competencia a la hora de su colonización [6].

Esta planta invasora se caracteriza por no presentar exigencias ecológicas importantes, soportando condiciones extremas. En base a diferentes aspectos, las condiciones asociadas al plumero son las siguientes:

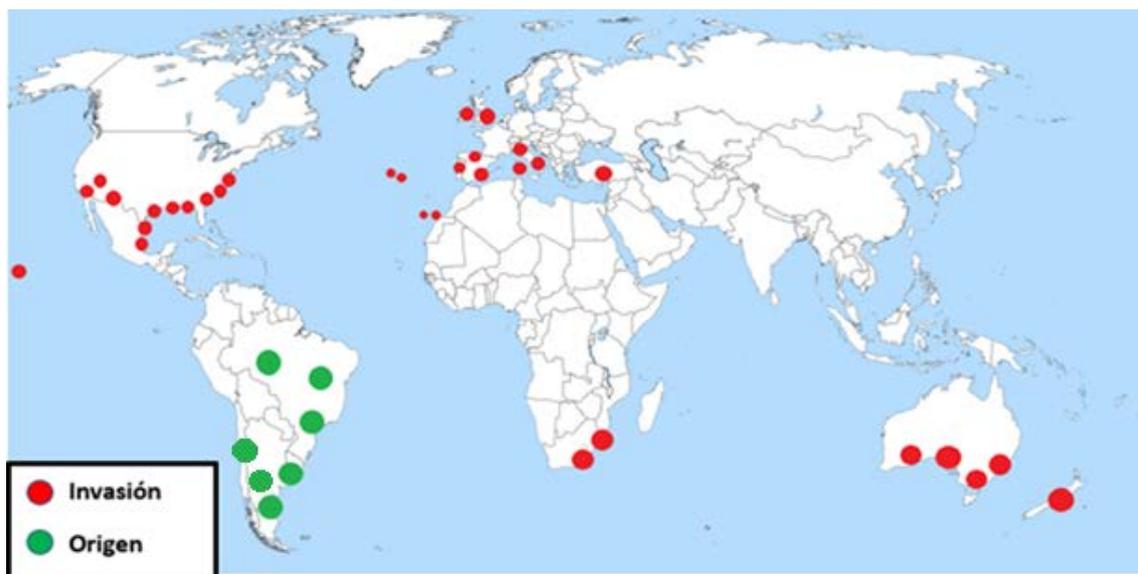
- Condiciones del suelo: no requiere ningún cuidado o tratamiento antrópico. Se adapta a todo tipo de suelos y es tolerante a aquellos poco desarrollados, pobres en nutrientes y ricos en arcillas. Tiene una elevada tolerancia a terrenos con gran presencia de sales minerales, preferentemente por suelos frescos y eutróficos, pudiendo desarrollarse en dimensiones reducidas de sustrato (bordes de aceras, tejados abandonados...).
- Condiciones ambientales: es capaz de adaptarse a periodos de sequía y encharcamiento, sin embargo, tiene preferencia por ambientes húmedos. Necesita cierta humedad para germinar, siendo incapaz de hacerlo en ambientes excesivamente secos.
- Condiciones climáticas: es resistente y soporta condiciones adversas como el frío o el calor, mostrando preferencia por ambientes con temperaturas suaves [7].

### 1.3. Distribución geográfica de *Cortaderia selloana*

#### 1.3.1. Distribución a nivel mundial

*Cortaderia selloana* es nativa de América del Sur (Argentina, Chile, Brasil y Uruguay) donde se puede encontrar desde el nivel del mar hasta 1900 metros de altura. Sin embargo, en su rango introducido, al menos en Europa, se encuentra principalmente en altitudes bajas. En la figura 3 se muestra un mapa con la distribución mundial. En color verde se resaltan aquellas zonas que constituyen el hábitat natural de la especie *Cortaderia selloana* y, por otro lado, el color rojo corresponde a las áreas de invasión, donde no es autóctona.

Según la base de datos Delivering Alien Invasive Species In Europe (DAISIE) [6], está presente en Irlanda y el Reino Unido, Francia, Italia, España y Portugal. También se encuentra en muchas islas micronesias, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda, islas hawaianas, Azores y la costa del Pacífico de los Estados Unidos.



**Figura 3.** Distribución mundial del plumero. Elaboración propia a partir de [6].

En su área de distribución nativa en América del Sur, la *Cortaderia Selloana* predomina en suelos relativamente húmedos, así como en los márgenes de los ríos y arroyos y en regiones subtropicales y semiáridas. Crece principalmente en Argentina, en zonas tanto de costa como de montaña (cordillera andina), en la parte central de Chile y en las áreas costeras del sur de Uruguay y Brasil [8].

Fuera de su hábitat natural y ya con un carácter invasor, se desarrolla, por un lado, en América del Norte, mayoritariamente en el sur de Estados Unidos y en las costas Este y Oeste del país, así como en la zona costera del Golfo de México [9]. También es importante su presencia en el continente africano, donde ha invadido territorios de la costa sudafricana. Por otro lado, los territorios que invade en Europa suelen situarse próximos a la costa, donde la humedad es mayor que en el interior del continente y con cotas de altitud bajas.

Además, la especie vegetal ha invadido diferentes islas gracias a sus condiciones de humedad y climas templados que favorecen su crecimiento, como es el caso de Australia donde predomina en el sudeste y sudoeste del país [10]. Igualmente, ocupa la mitad sur de Reino Unido y las Islas Hawaianas, Azores, Canarias y Nueva Zelanda, favorecida por el clima tropical y la ausencia de heladas [6].

### 1.3.2. Distribución en España y Cantabria

En cuanto a la distribución de la especie en España, se constata su expansión por las zonas bajas de la fachada cantábrico-atlántica (País Vasco, Cantabria, Asturias y Galicia), así como en Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana y Andalucía, y se alerta del avance del plumero por áreas hasta ahora consideradas inadecuadas para esta especie, como zonas de montaña, territorios al sur de la Cordillera Cantábrica e incluso por el centro peninsular. También se encuentra naturalizada en las Islas Canarias y Baleares. En líneas generales, la planta está presente en todas las comunidades autónomas y tiene una tendencia demográfica claramente expansiva.

Inicialmente, la planta ocupaba lugares muy alterados en áreas periurbanas e industrializadas, pero después ha colonizado otras zonas en las inmediaciones de marismas y sistemas dunares [11]. En la figura 4 se puede apreciar en color rojo aquellas zonas que han sido invadidas por la especie.

De acuerdo con la figura 4, la zona cantábrica está muy afectada por la invasión del plumero. Dentro de esta área afectada, en Cantabria se observa una expansión continua y exponencial. De hecho, la planta está presente en toda la franja costera de la región y desde hace un par de décadas experimenta un avance constante hacia la zona interior. Ocupa todo tipo de ambientes, tanto naturales (bordes de marismas, dunas, bordes de

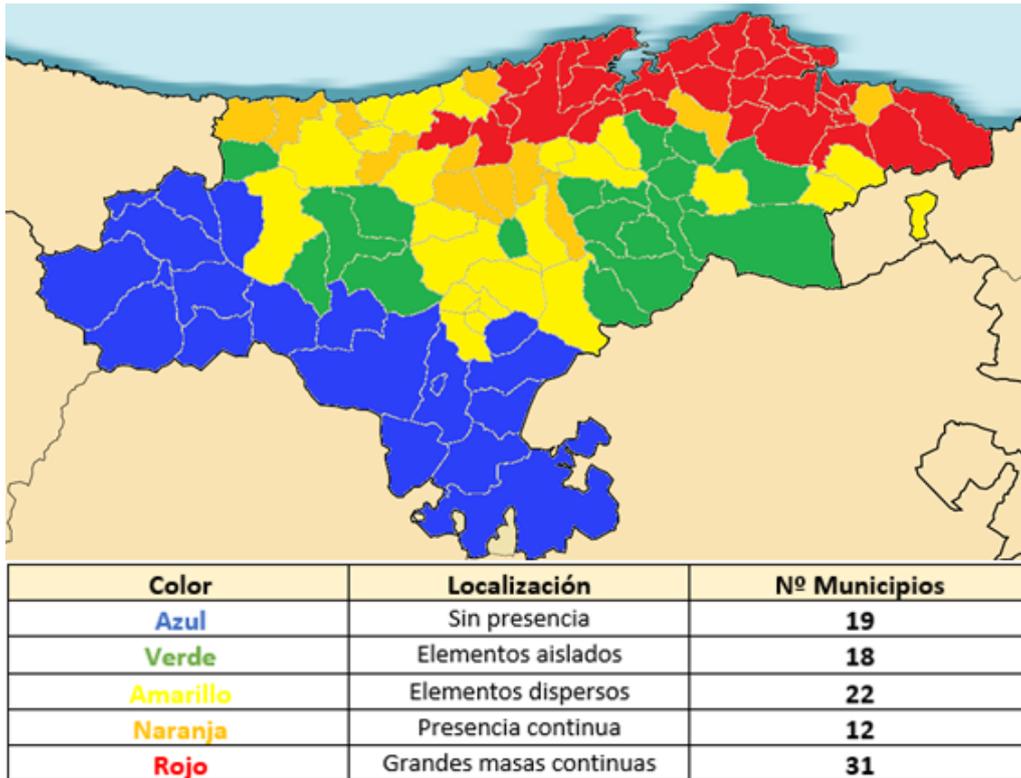
bosque, pastizales, etc.) como intervenidos (prados de siega mal mantenidos, taludes, incluidas las ciudades donde está presente en terrazas, tejados y fisuras de fachadas).



**Figura 4.** Distribución del plumero en España. Elaboración propia a partir de [11].

En relación a su distribución geográfica, el plumero se encuentra presente en 83 de los 102 municipios de Cantabria (lo que no significa que en todos ellos su presencia sea relevante) y únicamente 19 municipios se encuentran libres de plumero.

En la figura 5 se clasifican los municipios de Cantabria en cinco grupos diferenciados, representando, de esta manera, la localización del plumero en la comunidad [12]: sin presencia, es decir, no se han detectado ejemplares (azul); elementos aislados, supone la existencia de ejemplares esporádicos de pequeño porte y edad (verde); elementos dispersos, cuya presencia es más visible en poblaciones pequeñas y localizadas (amarillo); presencia continua, existencia de focos consolidados de tamaño y densidad considerable (naranja); grandes masas continuas, consistentes en aglomeraciones monoespecíficas que se asientan sobre amplias zonas invadidas (rojo).



**Figura 5.** Distribución del plumero en Cantabria según clasificación de municipios.

Elaboración propia a partir de [12].

Se aprecia que la presencia de la especie invasora es mayor en aquellas zonas próximas a la Bahía de Santander, concretamente en espacios cercanos al Puerto de Santander, ya que se introdujo accidentalmente en España a través del puerto de la ciudad en 1940, en forma de semillas, entremezcladas en las bodegas de los barcos que importaban trigo procedente de Argentina [13]. Asimismo, se localiza en espacios compensados hídricamente, como marismas y humedales, debido a sus condiciones óptimas de humedad. En esos territorios, la población del plumero es más densa y disminuye conforme se avanza hacia el interior de la comunidad, con un clima más seco, donde es menos importante e incluso inexistente en los municipios situados al sur de Cantabria [12].

#### 1.4. Legislación de las especies invasoras

A continuación, se recoge en la Tabla 1 la legislación sobre especies invasoras, que afecta al plumero, incluidas leyes y convenios en diferentes ámbitos: global, europeo, estatal y autonómico.

**Tabla 1.** Legislación relevante sobre las especies invasoras.

	<b>Ley</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Ámbito global</b>	<i>Convenio Naciones Unidas sobre Diversidad biológica (artículo 8.h) [14]</i>	Prevenir la introducción, controlar y erradicar las especies exóticas que amenazan los ecosistemas, hábitats u otras especies.
<b>Ámbito europeo</b>	<i>Directiva 92/43 CEE [15]</i>	Contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en el territorio europeo de los Estados miembros.
	<i>Reglamento 1143/2014 [16]</i>	Establecer las normas para evitar, reducir al máximo y mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad de la introducción y propagación en la Unión de las especies exóticas invasoras.
<b>Ámbito estatal</b>	<i>Ley 42/2007 [17]</i>	Establecer el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad, como parte del deber de conservar y del derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona.
	<i>Real Decreto 630/2013 [18]</i>	Regular el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, estableciendo sus características, procedimientos de inclusión o exclusión, medidas de prevención y control y estableciendo el contenido de las diferentes estrategias de gestión y control.
<b>Cantabria</b>	<i>Ley 4/2006 [19]</i>	Establecer normas de protección, conservación, restauración y mejora de los hábitats naturales, la flora y fauna silvestres, los elementos geomorfológicos y paleontológicos, y el paisaje de Cantabria, así como sus procesos ecológicos fundamentales.
	<i>Decreto 120/2008 [20]</i>	Regular el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Cantabria.

En el ámbito global, destaca el Convenio de Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica, ratificado por España en el 1993, que estableció que cada estado contratante controlará, erradicará e impedirá, en la manera de lo posible, la introducción de especies exóticas que amenacen los ecosistemas, hábitats o las especies. A través de este acuerdo global se abordaron todos los aspectos de la diversidad biológica y se otorgó a los estados miembros el derecho soberano de explotar sus propios recursos para la aplicación de sus políticas ambientales, con el objetivo de asegurar que las actividades realizadas bajo

su jurisdicción no perjudiquen al medioambiente de otros estados y conservar así la diversidad biológica mundial mediante un uso sostenible de sus componentes.

En el ámbito europeo, 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, dispuso en su artículo 22 que los Estados Miembros garantizarán la regulación de especies no autóctonas que puedan perjudicar la fauna y flora autóctonas, ni a sus hábitats naturales en su zona de distribución natural, así como creó una red europea de zonas de conservación protegidas, constituidas por hábitats naturales de fauna y flora (“Red Natura 2000”). Por su parte, el Reglamento número 1143/2014 del Parlamento Europeo de 22 de octubre de 2014 introdujo las normas para evitar, reducir al máximo y mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que suponen las EEI. De esta manera se aborda la gestión de las especies invasoras en el territorio europeo, en la que cada Estado contribuye para garantizar la conservación favorable de la biodiversidad comunitaria.

A nivel estatal, la Ley 33/2015 de 21 de septiembre, que modifica la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, estableció que el Estado prohíbe la importación o introducción de especies o subespecies susceptibles de competir, alterar genéticamente o alterar el equilibrio ecológico de las especies autóctonas y creó el CEEEI. Para desarrollar dicha ley, se publicó el Real Decreto 1628/2011 de 14 de noviembre, que más adelante se modificó con el Real Decreto 630/2013 que regula el catálogo. De esta forma se aplica el derecho internacional y se incorpora la normativa de la Unión Europea en el ordenamiento jurídico español para afrontar los problemas derivados de las especies invasoras en la biodiversidad española y actuar de acuerdo con las condiciones sociales, medioambientales y económicas del país. Asimismo, en cumplimiento de estas normativas, el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) ha elaborado y aprobado conjuntamente con las comunidades y ciudades autónomas la “Estrategia de Gestión, Control y posible Erradicación del plumero de la Pampa y otras especies de *Cortaderia*”, donde se establecen las directrices a seguir para la gestión del plumero en España.

En el ámbito autonómico, se han aprobado la Ley 4/2006 de 19 de mayo, de Conservación de la Naturaleza de Cantabria y el Decreto 120/2008 de 4 de diciembre,

por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Cantabria. Como consecuencia, la Consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación elaboró el “Plan Estratégico Regional de Gestión y Control de Especies Exóticas Invasoras” y posteriormente, impulsado por este último, se desarrolló el “Plan de Acción Contra El Plumero” por la Dirección General del Medio Natural para abordar el problema invasor derivado de la *Cortaderia selloana* en la comunidad. Estas regulaciones forman parte del marco legislativo de la comunidad autónoma en materia de protección del medio ambiente y de los ecosistemas, y a su vez se sustentan en la legislación europea y estatal comentada anteriormente.

### 1.5. Objetivo

El objetivo de este TFG es buscar vías de valorización para la *Cortaderia selloana*, enfocadas a conseguir una gestión integral de la especie invasora en Cantabria, para frenar su avance y la degradación de la biodiversidad que conlleva.

Para alcanzar este objetivo general se han desarrollado una serie de objetivos específicos:

- Revisión del estado del arte relacionado con las características biológicas de la *Cortaderia selloana* y su gestión.
- Realizar una diagnosis de la situación actual y de las estrategias de acción contra el plumero elaboradas anteriormente en España, analizando y valorando la eficacia de sus medidas.
- Revisión y análisis de los diferentes estudios científicos experimentales relacionados con la valorización de la planta invasora.
- Evaluación de la aplicabilidad de los estudios de valorización en Cantabria considerando la situación actual de la región.
- Propuesta de opciones de valorización para el plumero, basada en criterios técnicos y económicos teniendo en cuenta las características de la comunidad y la disponibilidad de recursos.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Estado del arte de características y gestión del plumero en España

La importancia del plumero como especie invasora ha llevado a la realización de numerosos estudios y trabajos científicos en España relacionados con sus características biológicas, comportamiento, gestión y manejo de la misma. A continuación, se recogen en la Tabla 2 algunos de los principales estudios sobre el plumero.

**Tabla 2.** Estudios realizados relacionados con el plumero.

Estudios	Autores	Referencia	Año
“Atlas de las plantas alóctonas invasoras de España”	Sanz, M. [et al.]	[11]	2004
“Cortaderia selloana invasion in the Mediterranean Region: invasiveness and ecosystem invasibility”	Domènech i Masons, R. [et al.]	[21]	2005
“El carrizo de la Pampa (Cortaderia selloana) en Bizkaia. Guía práctica para su control”	Herrera, M. [et al.]	[22]	2006
“Simulating the effects of different disturbance regimes on Cortaderia selloana invasión”	Pausas, J. [et al.]	[23]	2006
“Cortaderia selloana seed germination under different ecological conditions”	Domènech i Masons, R. [et al.]	[24]	2008
“Diagnosis de la Flora Alóctona Invasora de la CAPV”	Campos J.A. [et al.]	[25]	2009
“Tolerancia al estrés hídrico y salino en la especie invasora <i>Cortaderia selloana</i> ”	España, M.A.	[26]	2017

El primero de los trabajos, que fue llevado a cabo por Sanz, M. et al. (2004) se trata de un libro en formato atlas que recoge los resultados del Inventario Nacional de Biodiversidad iniciado en 1998. En él, se describe el impacto y la problemática de las plantas alóctonas invasoras en España, analizando en primer lugar la situación de las plantas invasoras en modo general y posteriormente detallando la gestión y las características biológicas y demográficas de cada especie alóctona. Este atlas es de gran importancia, ya que se trata del primer gran atlas sobre la materia y constituye un

instrumento eficaz para el conocimiento y gestión de este tipo de especies, además de servir como banco de datos de las plantas invasoras en España.

En el siguiente estudio, Domènech i Masons, R. et al. (2005) analizaron los factores ambientales, bióticos e históricos que pueden facilitar la introducción de la *Cortaderia Selloana* en el territorio español, especialmente en la zona mediterránea del país, a través de análisis observacionales, experimentos de campo, invernadero y laboratorio. Esta investigación es interesante para el conocimiento de la especie, ya que establece un vínculo entre la invasión de la especie y la historia en los usos del suelo y analiza la respuesta del plumero a la competencia y al estrés hídrico.

Por otra parte, Herrera, M. et al. (2006) elaboraron una guía práctica para el control del plumero, en la que se incluye su taxonomía, distribución nacional, comportamiento ecológico y los métodos (físicos, térmicos, químicos) para su control y manejo. A pesar de que la guía fue elaborada en un principio para Bizkaia, dada su claridad y alcance, ha desempeñado un papel a tener en cuenta porque ha servido como base para la elaboración de otros planes y estrategias para la gestión de la especie, los cuales se comentarán más adelante.

En el mismo año, Pausas, J. et al. (2006) estudiaron la importancia de los diferentes regímenes de perturbación sobre el medio y su relación con la invasión de la especie vegetal. Para ello, utilizaron un modelo de simulación que imitaba escenarios mediterráneos de Cataluña y era capaz de predecir cualitativamente dentro de un marco de 55 años la dinámica de la vegetación en esos ecosistemas a partir de una serie de parámetros simples. Los resultados de dicha simulación aportaron como consecuencia que la *Cortaderia* tiende a desaparecer en aquellos medios que no experimentan perturbaciones, al contrario que sucede con terrenos que experimentan intervención humana, erosión o cambios en su ciclo de nutrientes, donde la planta tiene una tendencia de ocupación creciente.

Posteriormente, Domènech i Masons, R. et al (2008) investigaron en un nuevo estudio la germinación de la *Cortaderia selloana* sometiéndola a diferentes condiciones ecológicas. En él, se llevaron a cabo diversas pruebas de germinación a diferentes grados de sombreado, texturas del suelo y disponibilidad de agua. La investigación sirvió para

obtener varias conclusiones relevantes sobre el plumero, destacando que la germinación de las semillas fue mayor en condiciones de sombra que bajo 100% de luz, además, fue mayor en las texturas del suelo arenoso y disminuyó en los suelos que contenían mayores niveles de arcilla, así como se descubrió que la escasez en la disponibilidad del agua limitaba la germinación al 60% aproximadamente.

Al año siguiente, Campos J.A. et al. (2009) elaboraron un importante diagnóstico de la flora alóctona invasora del País Vasco en el que se identifican las diferentes especies invasoras de flora y fauna de la comunidad, incluyendo al plumero, y se describe el tipo de impacto producido por cada especie, además de dar formulas eficaces para combatirlas. Su redacción sirve como herramienta clave para diseñar una planificación en las actuaciones para preservar y recuperar la diversidad biológica de Bizkaia, y a su vez de otras comunidades afectadas.

Por último, España Garcia, M.A. (2017) estudió en su TFG la tolerancia y comportamiento de la especie al estrés hídrico y salino, para comprobar los efectos de diferentes factores abióticos sobre la presencia del plumero. Para ello, se plantaron semillas de *Cortaderia selloana* en diferentes localidades litorales valencianas hasta su completo desarrollo y se tomaron posteriormente muestras de suelo con valores de textura, conductividad eléctrica, materia orgánica y niveles de cationes y aniones entre otros. A partir de este estudio se pudo concluir que la planta mostró un comportamiento tolerante a las condiciones de sequía y salinidad, desarrollándose sin grandes problemas, así como que las diferencias del entorno no afectaron a las semillas.

## 2.2. Planes y estrategias de acción

La notable expansión de las especies invasoras, y con especial importancia la del plumero, así como el impacto que produce sobre la diversidad biológica, los ecosistemas, la salud y las actividades económicas, han llevado a organismos e instituciones a elaborar planes de acción y estrategias que recogen medidas encaminadas a su control y erradicación, a partir de los estudios y documentos técnicos comentados anteriormente. En la Tabla 3 se recogen los principales planes y estrategias elaborados para la gestión de la especie invasora.

**Tabla 3.** Estrategias y planes de acción contra el plumero.

Plan	Ámbito geográfico	Referencia
“Estrategia de gestión, control y posible erradicación del Plumero de la Pampa ( <i>Cortaderia Selloana</i> ) y otras especies de Cortaderia”	España	[27]
“Plan de Acción contra el Plumero en Cantabria”	Cantabria	[28]
“Protocolo de actuación contra el plumero en Asturias”	Asturias	[29]
“Proyecto Life Stop Cortaderia”	Norte y Centro de Portugal Galicia, Asturias Cantabria Bizkaia y Gipuzkoa, Aquitaine y Poitou-Charentes, (Francia).	[30]
“Programa Andaluz para el control de Especies Exóticas Invasoras”	Andalucía	[31]

De las estrategias de acción contra el plumero, con un enfoque más general, destaca la “Estrategia de Gestión, Control y posible erradicación del plumero de la Pampa y otras especies de *Cortaderia*” [27] elaborada por el MITECO para gestionar el plumero y otras especies de *Cortaderia* en el ámbito nacional. Las medidas que propone se dividen en cuatro bloques principales: acciones de prevención y control de nuevas poblaciones mediante sistemas de vigilancia, agentes rurales y una mejor ejecución de obras públicas; gestión, control y erradicación, a través de control físico (arranque manual) y control químico (aplicación de herbicidas); gestión de los restos de biomasa, almacenando o incinerando los mismos y, por último, investigación y búsqueda de información.

Relacionado con un ámbito más particular, se desarrollan los planes de acción específicos de cada comunidad autónoma, que proponen unas medidas y líneas de acción que se adaptan a las condiciones económicas y medioambientales de cada región.

En primer lugar, se encuentra el “Plan de Acción contra el Plumero en Cantabria” [28], en el cual sus bases y medidas están enfocadas hacia tres direcciones fundamentales: prevención, erradicación y control del plumero.

Como medidas de prevención, se propone una red de alerta temprana para evitar nuevos focos de dispersión. Por otro lado, para la erradicación y el control, por una parte, se hace referencia a la eliminación de poblaciones dispersas y ejemplares aislados por tratamiento físico, químico y mixto, y por otra, a una eliminación mecánica y manual en aquellas zonas con una presencia continua de ejemplares.

Siguiendo en la zona norte del país, destaca otro plan de acción para abordar el problema invasor de la Hierba de la Pampa. Se trata del “Protocolo de Actuación contra el Plumero en Asturias” [29], elaborado por el Principado de Asturias en colaboración con el Departamento de Botánica de la Universidad de Oviedo, que aporta una visión estratégica de las líneas de acción frente al plumero en el territorio astur.

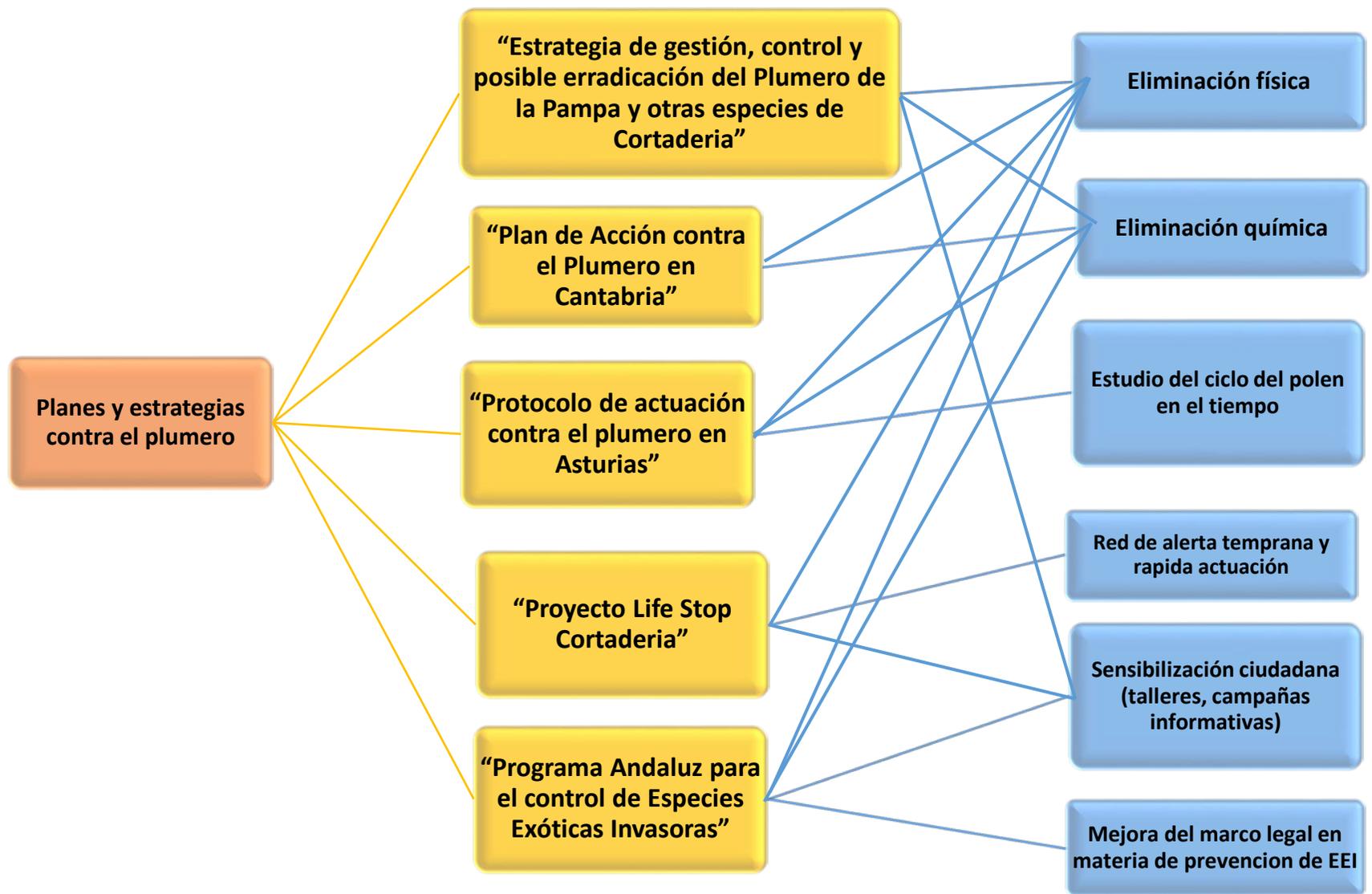
En él se proponen, principalmente, las siguientes medidas: estudiar la distribución actual de la especie en Asturias, identificando los ejemplares presentes; realizar un estudio polínico, analizando la evolución del polen en el tiempo y su presencia en las diferentes estaciones del año; y, por último, al igual que en los planes anteriores, eliminar ejemplares por tratamiento mecánico y químico mediante herbicidas (glifosato), proponiendo además la quema tras la aplicación de los mismos.

En el ámbito supraestatal, es de gran interés un proyecto que se está llevando a cabo en la actualidad, el Proyecto “Life Stop Cortaderia” [30]. Se trata de un proyecto de estrategia común y transnacional de lucha contra el plumero en el Arco Atlántico, desde Portugal a Francia, pasando por el litoral cantábrico, llevado a cabo por varios socios participantes, como AMICA y SEOBirdlife, y cofinanciado por la Comisión Europea a través del programa Life, la Consejería de Medio Rural del Gobierno de Cantabria, la Xunta de Galicia, el Ayuntamiento de Santander y las empresas privadas Solvay, Viesgo y Astander. Al igual que los planes anteriores, propone, por un lado, realizar un mapa de distribución de ejemplares para Cantabria y el noroeste de Portugal, establecer una red de alerta temprana y respuesta rápida para evitar focos de dispersión y erradicar manualmente ejemplares de espacios protegidos; y por otro lado, con un carácter

novedoso con respecto a otros planes, fomenta el desarrollo de metodologías innovadoras como el pastoreo dirigido para controlar y erradicar el plumero a través de cabras y ganado ovino, el desarrollo de suelos a partir de suelos naturales (tecnosuelos), el uso de restos de biomasa del plumero triturada como abono natural (acolchado) o incluso el desarrollo de la aplicación “Alerta Plumeros”, una base de datos en la que los ciudadanos pueden aportar citas con la presencia de la planta y así realizar un seguimiento actualizado de la invasión.

Por último, hay que irse a la comunidad de Andalucía para encontrar otro plan de acción de este ámbito, pero en este caso contra las especies exóticas invasoras, ya no particularizado para el plumero. Se le conoce como “Programa Andaluz para el Control de Especies Exóticas Invasoras” [31] y es un proyecto dinámico, llevado a cabo por la Junta de Andalucía para abordar la gestión de estas especies en Andalucía. Este proyecto se centra principalmente en mejorar el marco legal para la prevención de la entrada, seguimiento y control de EEI, llevar a cabo una educación ambiental a través de talleres y campañas de sensibilización y coordinar las diferentes administraciones, además de otras medidas que se asemejan a las de los planes anteriores como son la eliminación manual de ejemplares o establecer un sistema de vigilancia y actuación rápida.

A continuación, se muestra en la Figura 6 un esquema en el que se recogen a modo de resumen las principales medidas propuestas por los diferentes planes y estrategias de acción frente al plumero en España.



**Figura 6.** Esquema resumen de elaboración propia de planes y estrategias de acción contra el plumero.

### 2.3. Valoración de los planes y estrategias

La elaboración de planes y estrategias de acción que se ha llevado a cabo en los últimos años por las distintas autoridades supone un importante avance en la lucha y control de la especie invasora, ya que proponen medidas y marcan las directrices a seguir por parte de las administraciones y usuarios, y dan difusión acerca de este problema a la sociedad.

Sin embargo, a pesar de este progreso, las medidas de los diferentes planes y estrategias elaborados están encaminadas hacia una misma dirección. Así, la estrategia nacional y el resto de los planes se basan ,principalmente, en el estudio de la distribución de los ejemplares y sus focos de expansión, eliminación manual y química (por medio de herbicidas y quema controlada), restauración vegetal de las zonas de actuación y difusión de información, sin hacer referencia apenas a la búsqueda de vías de valorización de la especie, con excepción del proyecto “Life Stop Cortaderia” [30], que propone, además de estas medidas comunes, varias metodologías innovadoras (tecnosuelos y acolchado), aunque se traten en este caso de técnicas piloto, aún en desarrollo.

Además, es imprescindible que los planes y las medidas que proponen vayan acompañados de una correcta coordinación por parte de las autoridades y administraciones públicas para poder alcanzar los objetivos establecidos, garantizando de esta manera un uso eficiente de los recursos públicos para la eliminación de la planta invasora.

Ante la situación medioambiental en la que se encuentra el planeta actualmente, se considera que se debe priorizar la valorización de la biomasa del plumero frente a la eliminación química que es más agresiva y contaminante con el medio ambiente, pudiéndose aprovechar dicha biomasa para otros usos o procesos. La búsqueda de vías de valorización de la planta constituye un medio para acabar con su expansión y los efectos que conlleva, dando usos o aplicaciones viables al material procedente del plumero de manera temporal, ya que el objetivo a largo plazo es la erradicación total de la especie vegetal allí donde sea considerada invasora.

Respecto a la eliminación química, el problema principal viene derivado de la aplicación de herbicidas y sus efectos perjudiciales para los seres vivos y el medio ambiente. Los

planes y estrategias anteriormente citados proponen como tratamiento químico el uso de herbicidas, los cuales contienen, entre otras sustancias, glifosato, una sustancia preocupante por su toxicidad, efectos respiratorios y reproductivos, entre otros.

Se ha demostrado a través de diferentes estudios como los plaguicidas a base de glifosato producen efectos directos e indirectos sobre la salud y el medio ambiente. Este tipo de productos han sido clasificados como altamente tóxicos por ser irritantes para los ojos y la piel tanto en animales como en seres humanos [32] según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), y en varios ensayos, su inhalación en roedores ha causado síntomas de intoxicación y efectos reproductivos negativos. Asimismo, la EPA ha encontrado que exposiciones a residuos de glifosato en aguas de consumo humano pueden causar respiración acelerada y congestión pulmonar, además de daño renal y efectos reproductivos en humanos [33].

Los efectos ambientales que produce el glifosato son muy variados. En primer lugar, tiene la capacidad de dañar las flores silvestres que se encuentran en el lugar de aplicación y en los alrededores, debido a la gran dispersión aérea causada por el viento. Por otro lado, tiene un efecto contaminante sobre el suelo, ya que, de acuerdo con la EPA, el glifosato que llega al suelo es fuertemente absorbido y, a pesar de que es soluble en agua, se considera inmóvil o casi inmóvil y permanece en las capas superiores del suelo [34]. De esta manera se produce la degradación del suelo y de los microorganismos e insectos que en él se encuentran, lo que conlleva a su vez, la contaminación sobre los productos agrícolas y los alimentos. Como consecuencia, puede entrar en ecosistemas acuáticos por aspersión accidental o escorrentía superficial, afectando así a la calidad de las aguas y a los seres vivos acuáticos [35].

A pesar de los efectos negativos que producen, la efectividad y rapidez de este tipo de productos para eliminar el plumero ha servido como base a las autoridades para su empleo en la lucha contra la especie invasora, las cuales han priorizado el tratamiento químico frente a otras alternativas, destinando una parte importante de los recursos económicos.

Por ejemplo, en el caso del “Plan de Acción contra el Plumero en Cantabria” [28], tras analizar su valoración económica, se puede apreciar cómo se realiza una inversión anual

demasiado elevada para los métodos químicos (21000 €) frente a otras acciones, siendo casi el doble que la correspondiente a la gestión de residuos generados (12500 €) o aproximadamente diez veces superior a la inversión destinada a la creación de grupos de coordinación (2200 €). Se considera que la distribución de los recursos económicos podría ser más efectiva, dando más importancia, por un lado, a la coordinación entre administraciones, ya que constituye uno de los principales inconvenientes para alcanzar los objetivos de los diferentes planes y estrategias de acción contra el plumero, y, por otro lado, al desarrollo de campañas de sensibilización para dar a conocer a la sociedad el problema de la especie invasora.

El plan anterior, junto al resto de los planes de España contrastan con el “Proyecto Life Stop Cortaderia” [30], en el que, a partir de varios socios participantes y cofinanciadores públicos y privados, se destinan los recursos económicos en medidas que apuestan por métodos físicos de eliminación de la especie, así como en el registro actualizado de las zonas invadidas por el plumero, técnicas innovadoras (pastoreo dirigido y acolchado) y campañas de sensibilización de la sociedad (página web, medios de comunicación, carteles en marquesinas de autobuses, etc.), prescindiendo en todo momento de métodos químicos con efectos perjudiciales sobre el medioambiente. Además, pone en marcha un grupo de trabajo que busca poner solución a la falta de coordinación, formado por administraciones estatales, regionales y locales de las regiones del Arco Atlántico de Portugal, España y Francia; así como expertos, investigadores, gestores y miembros de Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), colegios profesionales, representantes de sectores profesionales afectados o empresas, a la vez que da empleo a personas con discapacidad.

En el ámbito social, hay carencia de información o incluso controversia en algunas ocasiones respecto al problema generado por el plumero y demás especies invasoras y sus efectos negativos a la biodiversidad. Por otro lado, la percepción de la sociedad sobre las EEI también se relaciona con el momento de introducción de éstas, ya que la sociedad percibe como una amenaza mayor a las especies exóticas introducidas recientemente, mientras que tiende a ignorar los impactos de las que fueron introducidas mucho tiempo atrás [36]. Por ello, aparte de la campaña de información realizada por el “Proyecto Life stop Cortaderia” [30], se hace necesario llevar a cabo un

mayor acercamiento de información a la sociedad por parte de las administraciones públicas acerca del problema invasor del plumero en Cantabria.

#### 2.4. Vías de valorización para el plumero

A continuación, se muestran en la Tabla 5 las vías de valorización consideradas para la especie *Cortaderia selloana*, a partir de diferentes estudios y experimentos analizados.

A partir de la bibliografía analizada, se puede apreciar cómo no solo en España, sino en todo el mundo, se han investigado diferentes aplicaciones utilizando como recurso la biomasa del plumero.

En el estudio de Zhigang et al. (2016) investigaron en China mediante ensayos experimentales el potencial de las espigas de flores del plumero y de la fibra de carbono derivada de éste para eliminar azul de metileno de aguas residuales empleándolas como material adsorbente.

La metodología para preparar el material adsorbente consistía, en primer lugar, en un lavado en agua destilada de la biomasa del plumero para limpiar impurezas, seguido de un secado en un horno de aire caliente con posterior sellado en un crisol, para finalmente, calentarse de nuevo en un horno. Una vez preparado el material, se procedió a aplicarlo sobre la solución contaminada con azul de metileno por medio de diferentes ensayos. Asimismo, durante el experimento, se caracterizó mediante microscopía electrónica la composición de la biomasa, y se calcularon a partir de datos experimentales la cinética, las isothermas y los parámetros termodinámicos.

Manteniéndose en la misma línea, Afsharpour et al. (2019) utilizaron dos tipos de plantas, *Equisetum Arvense* y *Cortaderia Selloana*, aprovechando que contienen cantidades de silicio en su capa exterior [44], para convertirlas en carburo de silicio y después darle uso como material adsorbente de azufre en un combustible modelo que simulaba un combustible comercial. De esta manera buscaron la eliminación de azufre en los combustibles, reduciendo el impacto medioambiental, a la vez que se reutilizó la biomasa de estas dos especies vegetales.

Para ello, las hierbas se trituraron y se sumergieron en agua y etanol, sometidas a ultrasonidos para limpiarlas. Se secaron en un horno y se introdujeron a continuación

en una solución de almidón y agua que fue tratada de nuevo con ultrasonidos para una mejor penetración del almidón en los poros de las plantas. Posteriormente tras ser carbonizadas, las muestras se mezclaron con polvo de magnesio y se sinterizaron en una reacción exotérmica. Los productos restantes, tras lavarse con HCL y agua posteriormente, constituyeron un material adsorbente capaz de eliminar el azufre de un combustible modelo.

Relacionado con los trabajos anteriores, Mechi et al. (2019) estudiaron el mecanismo de adsorción de nuevo a partir de esta especie vegetal en Túnez. El estudio analizó por medio de un modelo avanzado de física estadística el mecanismo de adsorción de azul de metileno (contaminante), utilizando como adsorbentes las espigas de flores del plumero y la fibra de carbono derivada de las propias espigas. Para caracterizar a nivel microscópico el proceso de adsorción, se llevaron cabo, por un lado un estudio estérico que brindó información sobre el número de moléculas de azul de metileno adsorbidas por hueco del adsorbente, número de huecos receptores por superficie de los dos adsorbentes a estudiar y la cantidad de azul de metileno total adsorbida por las espigas y por la fibra de carbono respectivamente; y por otro lado, un estudio energético que permitió calcular la energía de adsorción de ambos adsorbentes a partir de la literatura.

Por otro lado, Tiller et al. (2008) llevaron a cabo en Estados Unidos el desarrollo de una nueva alternativa a los combustibles derivados del petróleo, en la que se valoraron varias vías de procesamiento para la producción de biocombustibles de segunda generación (bioetanol y biogás). En concreto se propuso la producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica vegetal con el objetivo de reemplazar los combustibles a base de petróleo por una alternativa viable que redujera las emisiones de dióxido de carbono a largo plazo.

El proceso constó de varias etapas: la biomasa lignocelulósica procedente del plumero en este caso fue pretratada para poder llevar a cabo una hidrólisis enzimática que diese lugar a la producción de monosacáridos (azúcares). Posteriormente, se produjo una fermentación de los azúcares que dio lugar al bioetanol, un combustible renovable que disminuye la contaminación ambiental ya que produce menos gases y reduce la dependencia de combustibles fósiles.

Otra vía de aprovechamiento interesante es la que investigaron en Irán, donde Saber et al. (2017) aplicaron una técnica totalmente natural, conocida como fitorremediación, que aprovechó la capacidad de absorción de las raíces de las plantas, en este caso por medio del plumero.

Para llevar a cabo el estudio, se utilizaron varios contenedores con una solución de sulfato como contaminante simulando agua residual, en los cuales se colocaron las plantas de manera que sus raíces estaban en contacto directo con la muestra contaminada y pudieron así, absorber el contaminante.

Prosiguiendo con la búsqueda de nuevas vías de valorización del plumero, es importante el trabajo realizado por los investigadores españoles Jordá-Vilaplana et al. (2017) en colaboración con una universidad de Rumania, en el cual se ha promovido una alternativa industrial para desarrollar un nuevo material polimérico a partir de fuentes renovables, dando uso nuevamente a la biomasa procedente del plumero. Concretamente, se buscó el desarrollo de un nuevo polímero reforzado con fibra natural utilizando el plumero como refuerzo lignocelulósico en una matriz termoplástica de polietileno de alta densidad de base biológica.

En cuanto a su metodología, se realizaron tres ensayos diferentes: en el primero, se empezó cortando las fibras del plumero en un molino industrial para obtener fibras cortas y se lavaron con agua destilada, siendo secadas después en un horno; en el segundo, se trataron las fibras ya cortadas, con hidróxido de sodio y agua destilada, seguido de agitación y lavado nuevamente con agua destilada y secado final en horno; finalmente para el tercero, las fibras se trataron con hidróxido de sodio, seguido de un proceso de silanización, sumergiéndolas en un baño que contiene trimetoxipropilsilano en solución acuosa de alcohol con posterior agitación, y por último, la fibra silanizada fue lavada con agua destilada y secada en un horno.

Una vez se preparó el material con los tres tratamientos diferentes, los productos de los mismos se extruyeron en una extrusora de doble husillo y el material resultante fue granulado. Finalmente, dicho material se añadió al polietileno de base biológica en un moldeo por inyección, dando lugar al termoplástico reforzado, objetivo del experimento. De esta manera se consiguió desarrollar una alternativa a los polímeros

de origen petroquímico de naturaleza no biodegradable, siendo éstos los que mayor volumen de residuos generan, principalmente por su amplia gama de aplicaciones y su corto ciclo de vida.

Por último, surge otra vía de aprovechamiento interesante por su escaso impacto medioambiental y bajo coste económico. Se trata de aplicar la biomasa del plumero como alimento para el ganado. El experimento fue llevado a cabo en Nueva Zelanda a finales de la década de los setenta por Pleasants et al. (1977) y consistió en una preparación del pasto, plantando para ello ejemplares en una superficie controlada y dejándolos desarrollarse dos años aproximadamente, para ser expuestos posteriormente al ganado como alimento. El pasto a base de plumero fue pastado por unas vacas de la especie "Angus" en un periodo de un mes aproximadamente.

**Tabla 4.** Vías de valorización del plumero.

AUTOR	AÑO	TÍTULO	TIPO DE VALORIZACIÓN	PAIS	REFERENCIA
Zhigang, J. [et al.]	2016	“Adsorption of low-cost absorption materials based on biomass ( <i>Cortaderia selloana</i> flower spikes) for dye removal: Kinetics, isotherms and thermodynamic studies”	Desarrollo de un material adsorbente con la fibra y las espigas de flores del plumero	China	[37]
Afsharpour, M. [et al.]	2019	“Synthesis of bio-inspired porous silicon carbides using <i>Cortaderia selloana</i> and <i>Equisetum arvense</i> grasses as remarkable sulfur adsorbents”	Síntesis de carburo de silicio como material adsorbente	Irán	[38]
Mechi, N. [et al.]	2019	“Investigation of the adsorption mechanism of methylene blue (MB) on <i>Cortaderia selloana</i> flower spikes (FSs) and on <i>Cortaderia selloana</i> flower spikes derived carbon fibers (CFs)”	Desarrollo de un material adsorbente con la fibra y las espigas de flores del plumero	Túnez	[39]

**Tabla 4.** Vías de valorización del plumero (continuación).

AUTOR	AÑO	TÍTULO	TIPO DE VALORIZACIÓN	PAÍS	REFERENCIA
Tiller, K. [et al.]	2008	“Plants to power: bioenergy to fuel the future”	Desarrollo de un biocombustible (etanol)	Estados Unidos	[40]
Saber, A. [et al.]	2017	“Investigation of kinetics and absorption isotherm models for hydroponic phytoremediation of waters contaminated with sulfate”	Absorción de un contaminante a través de raíces del plumero (fitorremediación)	Irán	[41]
Jordá-Vilaplana, A. [et al.]	2017	“Development and characterization of a new natural fiber reinforced thermoplastic (NFRP) with Cortaderia selloana (Pampa grass) short fibers”	Desarrollo de un nuevo polímero biológico reforzado con la fibra natural del plumero	España Rumanía	[42]
Pleasants, A. B [et al.]	1977	“Pampas grass as winter feed”	Producción de pasto animal a partir de la biomasa del plumero	Nueva Zelanda	[43]

## 2.5. Análisis de las vías de valorización y su aplicación en Cantabria

Conocidas las diferentes vías de valorización propuestas para el plumero, se procede a estudiar su viabilidad, que va a depender de los resultados obtenidos en cada experimento y, a su vez, de la disponibilidad de determinados recursos naturales y económicos presentes en la Comunidad de Cantabria.

En la primera vía de valorización estudiada, Zhigang et al. (2016) evaluaron positivamente la adsorción de un contaminante (azul de metileno). Una vez se finalizó el experimento, los resultados mostraron que las espigas de flores y la fibra de carbono de la biomasa tienen aplicaciones potenciales para eliminar el azul de metileno del agua contaminada debido a su morfología y al comportamiento óptimo que demostraron durante el proceso.

Asimismo, los resultados obtenidos por Afsharpour et al. (2019), demostraron que es una alternativa técnicamente eficaz como material adsorbente, ya que consiguió eliminar azufre del combustible modelo y mantuvo adecuadamente su estructura a base de material vegetal.

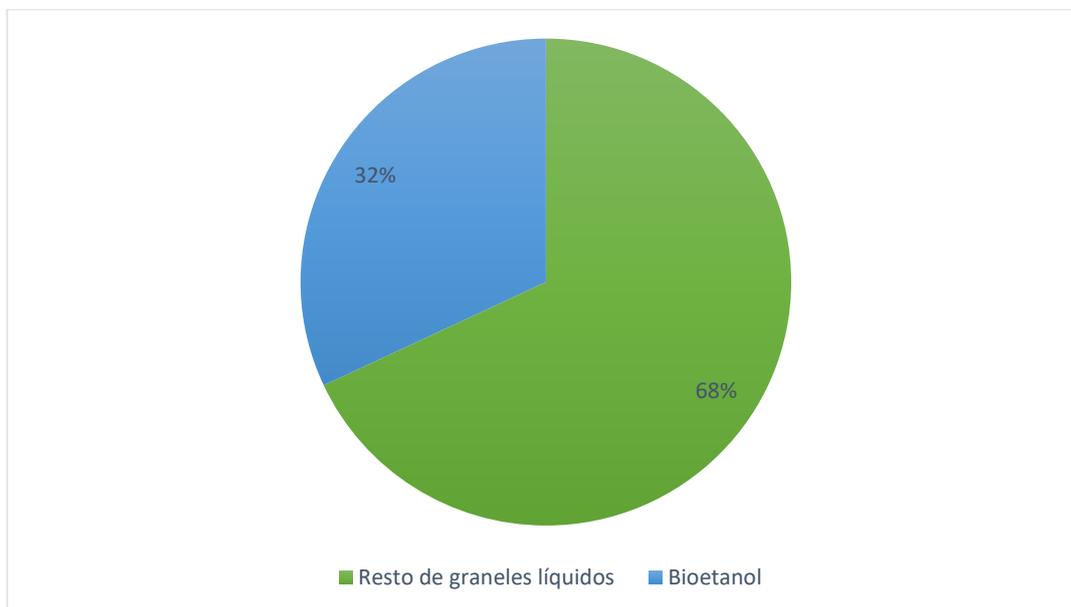
En el último de los estudios que desarrolla la capacidad de adsorción del plumero, Mechi et al. (2019) propusieron como vía de valorización el empleo de las fibras del tallo del plumero y las espigas de las flores. A partir de las pruebas experimentales, se obtuvieron varias conclusiones de interés relacionadas con el comportamiento de este recurso como material adsorbente. Por un lado, la adsorción de azul de metileno aumentó con la temperatura, ya que las densidades de los huecos receptores de las dos superficies y las cantidades adsorbidas se incrementaron, y por otro, la fibra de carbono del tallo fue más efectiva que las espigas de flores para eliminar el azul de metileno ya que presentó mayor capacidad y energía de adsorción. Como consecuencia, al realizarse con éxito los ensayos, se demostró la viabilidad del proceso de adsorción.

Estas tres investigaciones, confirmaron la viabilidad del proceso desde el punto de vista técnico para utilizar el plumero como material adsorbente. Analizando su aplicación en Cantabria, se llega a la conclusión de que llevar a cabo la vía de aprovechamiento no es adecuado por varios motivos. Por un lado, requiere una dinámica que no es compatible con los objetivos de disminuir los ejemplares de la especie invasora hasta su completa

erradicación, ya que sin el material procedente de la planta no se puede desarrollar. Por otro lado, esta opción de aprovechamiento requiere unos pretratamientos específicos previos y, tras consultar catálogos de fabricantes de los respectivos equipos necesarios (horno industrial, microscopio electrónico, etc.), se considera que supone un coste económico demasiado elevado para una alternativa cuyo fin es eliminar el plumero en la comunidad y no hacer un uso comercial del producto adsorbente fabricado. Además, esta técnica se ha probado hasta la actualidad de manera experimental y no constituye de momento una aplicación industrial real, lo que supone un riesgo técnico y económico para ponerla en marcha.

La siguiente opción de valorización de Tiller et al. (2008), en la que se utilizó la biomasa vegetal para la producción de un biocombustible de segunda generación (bioetanol), representa la transición de las economías basadas en el petróleo en economías sostenibles y respetuosas con el medio ambiente a base de recursos vegetales renovables. El éxito de su aplicación como combustible impulsa para llevarlo adelante a escala global a partir de especies de plantas (soja, plumero, colza, girasol, etc.). Actualmente en Cantabria no hay ningún productor de bioetanol, sin embargo, la empresa Sniace, ubicada en Torrelavega, trató de poner en marcha años atrás un proyecto para desarrollar una planta de producción de bioetanol, que finalmente no llegó a ponerse en marcha a pesar de que contaba con las autorizaciones correspondientes. Analizando esta situación, se valora la posibilidad de reanudar dicho proyecto para la producción del biocombustible a partir del material lignocelulósico de *Cortaderia Selloana*, ya que se dispone de los permisos necesarios, lo cual agilizaría su implantación y podría dar salida a la biomasa acumulada por la especie, desarrollando un combustible eficiente para el transporte sostenible, y a su vez, una importante materia prima para la industria química. Otra de las ventajas que dispone la comunidad es el tráfico de mercancías a través del Puerto de Santander, en el que se exportan, entre otras materias primas, grandes cantidades de bioetanol, lo que permitiría exportar el biocombustible. Según la Autoridad Portuaria de Santander (APS), a pesar de que los graneles líquidos suponen una menor actividad portuaria en comparación con otros sectores (automóviles y mercancía general), en los últimos años y especialmente en el último informe del año 2018, se destaca el fuerte crecimiento de la exportación del

bioetanol. En la Figura 7 se muestra el peso en porcentaje de la exportación del bioetanol (108531 toneladas) en comparación con el resto de las materias primas líquidas (230979 toneladas) para el año 2018.



**Figura 7.** Gráfico de elaboración propia de la distribución de la exportación de graneles líquidos en el Puerto de Santander a partir de [45].

En el caso de la tercera vía de valorización estudiada por Saber et al. (2017), que investigó la fitorremediación a partir de las raíces del plumero, después de finalizar el experimento, se deduce analizando los resultados, que el plumero es adecuado para llevar a cabo una absorción de un contaminante en una muestra de agua residual, al encontrarse cantidades de sulfato absorbidas por sus propias raíces. Estudiando su aplicación en Cantabria, comunidad con una importante hidrografía con abundantes ríos y manantiales, se considera que esta técnica puede ser llevada a cabo ya que no requiere la inversión de grandes recursos económicos, al aprovechar la capacidad natural de las raíces de la planta y no necesita pretratamientos previos importantes que puedan elevar su coste. Asimismo, se podría aplicar sobre aguas residuales de la Comunidad o incluso para la descontaminación de rías y otros sistemas fluviales de Cantabria, siguiendo la dinámica de algunos proyectos que han puesto en práctica esta técnica, como es el caso del “Plan Ría de Boo Laboratorio Vivo (RIALAB)” [46], que aplica el Carrizo autóctono (*Phragmites australis*) para la descontaminación de metales pesados de la Ría de

Carmen y Boo, con resultados positivos que demuestran su viabilidad. De esta manera, se favorecería la mejora de la calidad de las aguas de la comunidad, afectando positivamente al desarrollo de los diferentes ecosistemas y seres vivos que en ellos se encuentran.

Por otro lado, el uso del componente lignocelulósico del plumero para desarrollar un polímero de base biológica llevado a cabo por Jordá-Vilaplana et al (2017), reflejó en los diferentes ensayos de tracción y flexión realizados que la aplicación de las fibras de la hierba de la Pampa refuerza y da estabilidad al polímero. Sin embargo, esta alternativa de valorización no es adecuada para llevarla a cabo en Cantabria, por su coste económico al requerir varios procesos (secado, extrusión, silanizado, granulado...) y por no ser compatible con la dinámica de erradicar la especie en la comunidad, ya que depende exclusivamente del material del plumero.

En la última vía de valorización que se propone, en la que Pleasants et al. (1977) emplearon el plumero como pasto animal en vacas “angus”, se observó tras finalizar el experimento, comprendido entre el 28 de Julio y el 21 de agosto de 1975, como el pasto a base de la especie invasora fue ingerido por las reses y no causó comportamientos anormales en su metabolismo. De ello se puede deducir que ese tipo de pasto se puede convertir en una alternativa eficiente para aprovechar la biomasa del plumero. De manera complementaria, por su parte, el proyecto “Life Stop Cortaderia” pone en práctica en sus acciones de conservación en Cantabria, el pastoreo dirigido de ovejas de raza carranzana cara rubia y cara negra sobre pastos de plumero, las cuales ingieren el pasto adecuadamente en las pruebas piloto llevadas a cabo por el proyecto. Analizando el escaso coste que supone la vía de valorización y las condiciones ambientales de Cantabria se considera que la aplicación del plumero como pasto animal para ganado ovino y bovino es viable y puede desempeñar un importante papel para contribuir a la erradicación de la especie invasora, a la vez que puede servir de suministro alimenticio para el sector ganadero en Cantabria, un sector que engloba a 177 empresas destinadas a la producción ganadera, trabajando la mayoría de ellas con ganado ovino y bovino [47].

### 3. CONCLUSIONES

La *Cortaderia selloana* es una planta muy agresiva, con una alta capacidad invasiva y una amplia distribución por la geografía tanto nacional y regional. Por ello en la actualidad se están buscando alternativas para minimizar o erradicar el impacto de esta planta.

En este sentido, en este TFG se ha realizado, por un lado, un análisis de la especie vegetal, considerando para ello sus características específicas y distribución geográfica, así como como la legislación aplicable. De este primer objetivo en el que se ha realizado un estudio desde el ámbito mundial hasta el regional, se puede concluir como la planta tiene una expansión en aumento continuo debido al potencial invasor y a su tolerancia a diferentes climas, experimentando un avance hacia el interior de la comunidad, afectando negativamente a la biodiversidad vegetal.

De igual forma, se ha llevado a cabo una revisión del estado del arte relacionado con su gestión, vías de aprovechamiento y planes y estrategias de acción, valorando métodos de eliminación alternativos a los propuestos, ya que emplean productos químicos agresivos con los seres vivos y el medio ambiente Finalmente, tras analizar la situación de la planta en Cantabria y las características y situación de la región, se han propuesto una serie de medidas para llevar a cabo una gestión integral de la especie, encaminada hacia su erradicación y valorización dentro de la comunidad. Este objetivo ha permitido establecer las siguientes medidas para la gestión integral y de valorización de la planta en Cantabria:

- Utilizar el contenido lignocelulósico de la biomasa del plumero empleándolo para la producción de bioetanol es una alternativa viable en la Comunidad Autónoma. En Cantabria de hecho hay empresas que cuentan con las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo la producción de bioetanol y que se podrían beneficiar del uso del plumero.
- Aprovechar la capacidad natural de absorción de las raíces de la planta (fitorremediación) para llevar a cabo la descontaminación de aguas residuales, rías u otros elementos fluviales de la comunidad.

- Emplear los restos del plumero como pasto animal para el ganado ovino y bovino de la comunidad, consiguiendo así un suplemento alimenticio animal que no requiere ningún procesado previo ni produce impacto ambiental.

## 4. REFERENCIAS

- [1] Hurles, M.E.; Matisso-Smith, L. Gray, R. D. & Penny, D. (2003): Untangling Oceanic settlement: the edge of the knowable. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (10): 531-540.
- [2] World Wildlife Fund. *Especies invasoras: la globalización ha llegado al mundo natural*. [Consulta 30-10-2019]. Disponible en:  
[https://www.wwf.es/nuestro\\_trabajo\\_/especies\\_y\\_habitats/especies\\_invasoras/](https://www.wwf.es/nuestro_trabajo_/especies_y_habitats/especies_invasoras/)
- [3] Comisión Europea, (2014). *Especies Exóticas Invasoras: La respuesta de la Unión Europea*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Luxemburgo, 28 pp
- [4] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. *Boletín Oficial del Estado*, 3 de agosto de 2013. [Consulta 12-11-2019]. Disponible en:  
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/08/02/630/con>.
- [5] Gobierno de Cantabria. “Plan Estratégico Regional de Gestión y Control de Especies Exóticas Invasoras”. [Consulta 14-11-2019]. Disponible en:  
[https://www.cantabria.es/detalle/-/journal\\_content/56\\_INSTANCE\\_DETALLE/16835/6017320](https://www.cantabria.es/detalle/-/journal_content/56_INSTANCE_DETALLE/16835/6017320)
- [6] Hulme, Philip E.; Nentwig, Wolfgang; Pyšek, Petr; Vilà, Montserrat. 2010. DAISIE: Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. *Atlas of Biodiversity Risks*: 134-135. ISSN 978-954-642-446-4.
- [7] Knowles, B. Y C. Ecroyd (1985). *Species of Cortaderia (Pampas Grasses and Toetoe) in New Zealand*. New Zealand: *Fri Bulletin* N°. 105.
- [8] Testoni, D., Villamil, C. B. (2014). Studies in the genus *Cortaderia* (Poaceae). I. Systematics and nomenclature in section *Cortaderia*. *Darwiniana*, n° 2, pp 260-276.
- [9] Dávila, P., Mejía-Saulés, M.T., Soriano-Martinez, A.M., Herrera-Arrieta, Y. (2018). “Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México”. *Botanical Sciences*, vol. 96, n° 3.

- [10] Parsons, W.T., Cuthberston, E.G. (2001). "Noxious weeds of Australia" (2 ed.). Australia. CSIRO Publishing Collingwood.
- [11] Sanz Elorza M., Dana Sánchez, E. D. y Sobrino Vesperinas E. Eds. (2004). Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid. 384 pp.
- [12] Valdeolivas G., Varas J., Ceballos A., Berzosa J., Reñón J.L., (2005). Cuaderno de campo para el seguimiento de las especies alóctonas naturalizadas en Cantabria. Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Montes y Conservación de la Naturaleza del Gobierno de Cantabria. 102 pp. Santander.
- [13] Guinea, E. (1953). Geografía botánica de Santander. Santander: Excelentísima Diputación Provincial de Santander.
- [14] Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- [15] Unión Europea. 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 flora silvestres.
- [16] Unión Europea. 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.
- [17] España. Boletín Oficial del Estado. 2007. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- [18] España. Boletín Oficial del Estado. 2013. Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras.
- [19] Cantabria. 2006. Boletín Oficial del Estado. Comunidad Autónoma de Cantabria. Ley 4/2006, de 19 de mayo, de Conservación de la Naturaleza de Cantabria.
- [20] Cantabria. 2008. Boletín Oficial de Cantabria. Decreto 120/2008, de 4 de diciembre por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Cantabria.

- [21] Domènech i Masons, R. (2005). Cortaderia selloana invasion in the Mediterranean Region: invasiveness and ecosystem invasibility. 152 pp. Barcelona: CREAM, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, Universitat Autònoma Barcelona.
- [22] Herrera, M. y Campos, J.A. (2006). El carrizo de la Pampa (Cortaderia selloana) en Bizkaia. Guía práctica para su control. Bilbao: Instituto de Estudios Territoriales de Bizkaia.
- [23] Pausas, J., Lloret, F., Vilà, M. 2006. "Simulating the effects of different disturbance regimes on Cortaderia selloana invasión". Biological Conservation, pp 128-135.
- [24] Roser Domènech, Montserrat Vilà (2008). Cortaderia selloana seed germination under different ecological conditions. Acta Oecologica, pp 93-96.
- [25] Campos, J.A. & M. Herrera (2009). Diagnòsis de la Flora alòctona invasora de la CAPV. Direcció de Biodiversitat y Participaci3n Ambiental. Departamento de Medio Ambiente y Ordenaci3n del Territorio. Gobierno Vasco. Bilbao. 296 pp.
- [26] Espaa, M.A. (2017). "Tolerancia al estr3s hídrico y salino en la especie invasora Cortaderia selloana". Universitat Politècnica de València. Escuela Politècnica Superior de Gandía. Gandía (Valencia).
- [27] Gobierno de Espaa. Ministerio Para la Transici3n Ecol3gica. Estrategia de Gestió, Control y Posible Erradicaci3n del Plumero de La Pampa (Cortaderia selloana) y otras Especies de Cortaderia. [Consulta 20-10-2019]. Disponible en:  
[https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pbl\\_fauna\\_flora\\_estrategia\\_Cortaderia.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/pbl_fauna_flora_estrategia_Cortaderia.aspx)
- [28] Gobierno de Cantabria. "Plan de Acci3n Contra El Plumero en Cantabria". [Consulta 20-10-19]. Disponible en: <http://ganaderiapescaydesarrollorural.cantabria.es/>.
- [29] Gobierno del Principado de Asturias. "Protocolo de actuaci3n contra el plumero de la Pampa (Cortaderia selloana) en Asturias".
- [30] Proyecto "Life Stop Cortaderia". [Consulta 22-10-2019]. Disponible en: <http://stopcortaderia.org/>.

[31] Junta de Andalucía. “Programa Andaluz para el control de Especies Exóticas Invasoras”.

[32] Cox, C.. “Glyphosate, Part 1: Toxicology”. Journal of Pesticides Reform, Volume 15, Number 3, Fall 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 13 p.

[33] Savitz, D.A., Arbuckle, T., Kaczor, D., Curtis, K.M. 1997. Male pesticide exposure and pregnancy outcome. Am. J. Epidemiol. 146:1025-1036.

[34] U.S. EPA. Environmental Fate and Effects Division. 1993. Pesticide environmental fate one line summary; Glyphosate. Washington, D.C., May 6.

[35] Cox, C. “Glyphosate, Part 2: Human exposure and ecological effects”. Journal of Pesticides Reform, Volume 15, Number 4, Winter 1995. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides, Eugene, OR. USA. 14 p.

[36] García-Murillo, P. (2005), “Reconstrucción del paisaje del Abalario: un referente para la restauración ambiental en Doñana”, en C. Martín y F. García-Novo (eds.), Doñana: agua y biosfera, Madrid, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir- Ministerio de Medio Ambiente.

[37] Zhigang, J., Ziyu, L., Tao, N., Shengbiao, L. 2017. “Adsorption of low-cost absorption materials based on biomass (*Cortaderia selloana* flower spikes) for dye removal: Kinetics, isotherms and thermodynamic studies”. Journal of Molecular Liquids. Volume 229, pp 285-292.

[38] M. Afsharpour, E. Khomand. 2019. “Synthesis of bio-inspired porous silicon carbides using *Cortaderia selloana* and *Equisetum arvense* grasses as remarkable sulfur adsorbents”. International Journal of Environmental Science and Technology. pp 3125–3134.

[39] Mechi, N., Ben Khemis, I., Luiz Dotto, G., Franco, D., Sellaoui, L., Ben Lamine, A. 2019. “Investigation of the adsorption mechanism of methylene blue (MB) on *Cortaderia selloana* flower spikes (FSs) and on *Cortaderia selloana* flower spikes derived carbon fibers (CFs)”. Journal of Molecular Liquids. Volume 280, pp 268-273.

- [40] Stewart C.N., Joshua S. Yuan, Kelly H. Tiller, Hani Al-Ahmad, Nathan R. Stewart. 2008. "Plants to power: bioenergy to fuel the future". Trends in Plant Science. Volume 13, pp 421-429.
- [41] Saber, A., Tafazzoli, M., Mortazavian, S., James, D.E.,. 2018. "Investigation of kinetics and absorption isotherm models for hydroponic phytoremediation of waters contaminated with sulfate". Journal of Environmental Management. Volume 207, pp 276-291.
- [42] Jordá-Vilaplana, A., Carbonell-Verdú, A., Samper, M.D., A. Pop, Garcia-Sanoguera, D. 2017. "Development and characterization of a new natural fiber reinforced thermoplastic (NFRP) with Cortaderia selloana (Pampa grass) short fibers". Composites Science and Technology. Volume 145, pp 1-9.
- [43] Pleasants, A. B.; Whitehead, P. H.. 1977. "Pampas Grass as Winter feed". New Zealand Journal of Agriculture". Vol 135, pp 2-3.
- [44] R. Piękoś, S. Paslawska. 2009. "Studies on the optimum conditions of extraction of silicon species from plants with water". Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- [45] Autoridad Portuaria de Santander. Puerto de Santander. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Gobierno de España.
- [46] Europa Press Cantabria. 24 de febrero de 2017. "Ría del Carmen podría quedar descontaminada en 10 años con la fitorremediación con carrizo". [Consulta 10-01-2020]. Disponible en: <https://www.europapress.es/cantabria/>
- [47] INFORMA. Directorio de empresas Informa. [Consulta 30-01-2020]. Disponible en: <https://www.informa.es/directorio-empresas/>

## 5. ANEXOS

### 5.1. ANEXO 1. Especies de flora incluidas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras

**Tabla 5.** Especies de flora (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras).

<b>FLORA</b>	
<b>ESPECIE FLORA</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Acacia dealbata</i> Link.	Mimosa, acacia, acacia francesa
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Acacia, aroma, carambuco, mimosa
<i>Acacia salicina</i> Lindl.	Acacia de hoja de sauce
<i>Agave americana</i> L.	Pitera común
<i>Ageratina adenophora</i> (Spreng.) King & H. Rob.	Matoespuma
<i>Ageratina riparia</i> (Regel) R.M.King & H.Rob.,	Matoespuma fino
<i>Ailanthus altissima</i> (Miller) Swingle	Ailanto, árbol del cielo, zumaque falso
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.,	Lagunilla, hierba del lagarto, huiro verde
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	Ambrosia
<i>Araujia sericifera</i> Brot.	Planta cruel, miraguano
<i>Arbutus unedo</i> L.	Madroño
<i>Arundo donax</i> L.	Caña, cañavera, bardiza, caña silvestre
<i>Asparagus asparagoides</i> (L.) Druce	Esparraguera africana
<i>Atriplex semilunaris</i> Aellen.	Amuelle
<i>Azolla</i> spp.	Azolla
<i>Baccharis halimifolia</i> L.	Bácaris, chilca, chilca de hoja de orzaga, carqueja
<i>Buddleja davidii</i> Franchet	Budleya, baileya, arbusto de las mariposas

**Tabla 5.** Especies de flora (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras)  
(continuación)

<b>FLORA</b>	
<b>ESPECIE FLORA</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Cabomba caroliniana</i> Gray	Ortiga acuática
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton	Algodón de seda
<i>Carpobrotus acinaciformis</i> (L.) L. Bolus	Hierba del cuchillo, uña de gato, uña de león
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N.E. Br.	Hierba del cuchillo, uña de gato, uña de león
<i>Centranthus ruber</i> (L.) DC.	Hierba de San Jorge
<b>Cortaderia spp.</b>	<b>Hierba de la pampa, carrizo de la pampa</b>
<i>Cotula coronopifolia</i> L.	Cotula
<i>Crassula helmsii</i> (Kirk) Cockayne	
<i>Cylindropuntia</i> spp.	Cylindropuntia
<i>Cyrtomium falcatum</i> (L. f.) C. Presl	Helecho acebo
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	Retama negra
<i>Egeria densa</i> Planch.	Elodea densa
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Jacinto de agua, camalote
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	Broza del Canadá, peste de agua
<i>Elodea nuttallii</i> (Planch.) H. St. John	Broza del Canadá, peste de agua
<i>Eschscholzia californica</i> Champ	Amapola de California, dedal de oro
<i>Fallopia baldschuanica</i> (Regel) Holub	Viña del Tíbet
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) (=Reynoutria japonica Houtt.)	Hierba nudosa japonesa
<i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.	Pitera abierta
<i>Hedychium gardnerianum</i> Shepard ex Ker Gawl.	Jengibre blanco

**Tabla 5.** Especies de flora (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras)  
(continuación)

<b>FLORA</b>	
<b>ESPECIE FLORA</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Pataca o tupinambo
<i>Heracleum mantegazzianum</i> Somm. & Lev.	Perejil gigante
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.	Redondita de agua
<i>Ipomoea indica</i> (Burn)	Campanilla morada, batatilla de Indias
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De wit	Aromo blanco
<i>Ludwigia</i> spp. (Excepto <i>L. palustris</i> (L.) Elliott)	Duraznillo de agua
<i>Maireana brevifolia</i> (R.Br.) P.G. Wilson	Mato azul
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc	
<i>Nassella neesiana</i> (Trin, & Rupr.) Barkworth	Flechilla
<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Tabaco moruno, aciculito, calenturero, gandul, bobo, venenero
<i>Nymphaea mexicana</i> Zucc.	Lirio Amarillo
<i>Opuntia dillenii</i> (Ker-Gawler) Haw.	Tunera india
<i>Opuntia maxima</i> Miller.	Tunera común
<i>Opuntia stricta</i> (Haw.)	Chumbera
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Agrio, agrios, vinagrera, vinagreras
<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Quicuyo
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Pasto de elefante
<i>Pennisetum setaceum</i> (Forssk.) Chiov.	Plumero, rabogato, pasto de elefante

**Tabla 5.** Especies de flora (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras)  
(continuación)

<b>FLORA</b>	
<b>ESPECIE FLORA</b>	<b>NOMBRE COMÚN</b>
<i>Pennisetum villosum</i> R. Br. ex Fresen	Rabogato albino
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Palmera datilera
<i>Pistia stratiotes</i> L. Royle	Lechuga de agua
<i>Ricinus communis</i> L.	Tartaguero
<i>Salvinia</i> spp.	Salvinia
<i>Senecio inaequidens</i> DC.	Senecio del Cabo
<i>Spartina alterniflora</i> Loisel.	Borraza
<i>Spartina densiflora</i> Brongn.	Espartillo
<i>Spartina patens</i> (Ait.) Muhl	
<i>Spartium junceum</i> L.	Retama de olor
<i>Tradescantia fluminensis</i> Velloso	Amor de hombre, oreja de gato
<i>Ulex europaeus</i> L.	Tojo

## 5.2. ANEXO 2. Listado de especies exóticas invasoras del Plan Estratégico Regional de Cantabria

**Tabla 6.** Listado de las EEI de flora consideradas en el Plan Estratégico Regional.

<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Datura stramonium</i>	<i>Medicago sativa</i>
<i>Acacia dealbata</i>	<i>Dichondra micrantha</i>	<i>Phytolacca americana</i>
<i>Acacia longifolia</i>	<i>Dittrichia viscosa</i>	<i>Pittosporum tobira</i>
<i>Acacia melanoxylon</i>	<i>Duchesnea indica</i>	<i>Pterocarya stenoptera</i>
<i>Acanthus mollis</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Pyracantha angustifolia</i>
<i>Agapanthus sp.</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Reynoutria japonica</i>
<i>Agave americana</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Rhus typhina</i>
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Eragrostis virescens</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Amaranthus albus</i>	<i>Erigeron karvinskianus</i>	<i>Senecio angulatus</i>
<i>Amaranthus cruentus</i>	<i>Eschscholzia californica</i>	<i>Senecio cineraria</i>
<i>Amaranthus deflexus</i>	<i>Fallopia baldschuanica</i>	<i>Senecio inaequidens</i>
<i>Amaranthus graecizans</i>	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	<i>Senecio mikanioides</i>
<i>Amaranthus hypochondriacus</i>	<i>Gamochaeta coarctata</i>	<i>Senecio tamoides</i>
<i>Amaranthus powellii</i>	<i>Helianthus tuberosus</i>	<i>Setaria parviflora</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Helianthus x laetiflorus</i>	<i>Setaria verticillata</i>
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Impatiens balfourii</i>	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>
<i>Aptenia cordifolia</i>	<i>Ipomoea indica</i>	<i>Solanum chenopodioides</i>
<i>Araujia sericifera</i>	<i>Ipomoea purpurea</i>	<i>Soliva sessili</i>
<i>Arctotheca calendula</i>	<i>Isatis tinctoria subsp.</i>	<i>Sonchus tenerrimus</i>
<i>Artemisia verlotiorum</i>	<i>tinctoria</i>	<i>Sorghum halepense</i>
<i>Arundo donax</i>	<i>Juncus tenuis</i>	<i>Spartina alterniflora</i>
<i>Aster squamatus subsp.</i>	<i>Lepidium virginicum</i>	<i>Spartina patens</i>
<i>hieronymus</i>	<i>Leycesteria formosa</i>	<i>Spartina x towsendii</i>
<i>Azolla sp.</i>	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	<i>Sporobolus indicus</i>
<i>Baccharis halimifolia</i>	<i>Lonicera japonica</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
<i>Bidens aurea</i>	<i>Ludwigia peploides subsp.</i>	
<i>Bidens frondosa</i>	<i>montevidensis</i>	
<i>Bromus willdenowii</i>	<i>Matricaria discoidea</i>	
<i>Buddleja davidii</i>	<i>Matthiola incana</i>	
<i>Canna indica</i>		

**Tabla 6.** Listado de las EEI de flora consideradas en el Plan Estratégico Regional (continuación).

<i>Carpobrotus acinaciformis</i>	<i>Mirabilis jalapa</i>	<i>Tradescantia fluminensis</i>
<i>Carpobrotus edulis</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Tropaeolum majus</i>
<i>Centranthus ruber</i>	<i>Narcissus tazetta</i>	<i>Veronica persica</i>
<i>Chamaesyce polygonifolia</i>	<i>Nicotiana glauca</i>	<i>Vinca difformis</i>
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	<i>Oenothera biennis</i>	<i>Vinca major</i>
<i>Coleostephus myconis</i>	<i>Oenothera drummondii</i>	<i>Xanthium spinosum</i>
<i>Conyza bonariensis</i>	<i>Oenothera glazioviana</i>	<i>Xanthium strumarium</i>
<i>Conyza canadensis</i>	<i>Oenothera rosea</i>	<i>Yucca gloriosa</i>
<i>Conyza sumatrensis</i>	<i>Oenothera x fallax</i>	<i>Zantedeschia aethiopica</i>
<i>Coronopus didymus</i>	<i>Oxalis latifolia</i>	
<i>Cortaderia selloana</i>	<i>Oxalis pes-caprae</i>	
<i>Cotula coronopifolia</i>	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	
<i>Crocosmia x crocosmiiflora</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>	
<i>Cylindropuntia sp.</i>	<i>Paspalum paspalodes</i>	
<i>Cymbalaria muralis</i>	<i>Paspalum vaginatum</i>	
<i>Cyperus alternifolius</i>	<i>Passiflora caerulea</i>	
<i>Cyperus eragrostis</i>	<i>Petasites fragans</i>	
	<i>Phyllostachis aurea</i>	

### 5.3. ANEXO 3. Especies Exóticas Invasoras para Cantabria incluidas en el Catálogo español de especies exóticas invasoras

**Tabla 7.** Listado de las EEI de flora contabilizadas para Cantabria que están incluidas en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (CEEEI) (RD 630/2013).

<i>Acacia dealbata</i>
<i>Agave americana</i>
<i>Ailanthus altissima</i>
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>
<i>Araujia sericifera</i>
<i>Azolla sp.</i>
<i>Baccharis halimifolia</i>
<i>Buddleja davidii</i>
<i>Carpobrotus acinaciformis</i>
<i>Carpobrotus edulis</i>
<i>Cortaderia selloana</i>
<i>Cylindropuntia sp.</i>
<i>Eichhornia crassipes</i>
<i>Elodea canadensis</i>
<i>Fallopia baldschuanica</i>
<i>Ludwigia sp.</i>
<i>Myriophyllum aquaticum</i>
<i>Nicotiana glauca</i>
<i>Oxalis pes-caprae</i>
<i>Reynoutria japonica</i>
<i>Senecio inaequidens</i>
<i>Spartina alterniflora</i>
<i>Spartina patens</i>
<i>Tradescantia fluminensis</i>

#### 5.4. ANEXO 4. Taxonomía especie "*Cortaderia Selloana*"

**Tabla 8.** Taxonomía "*Cortaderia Selloana*".

Grupo	Phylum	Clase	Familia
Flora	Magnollophyta	Magnollopsida	Poaceae

Esta especie de flora pertenece al phylum (categoría intermedia entre el reino y la clase) Magnollophyta, correspondiente a las plantas con flores. La clase "Magnollopsida" hace referencia a aquellos ejemplares que tienen hojas con venas reticuladas o en forma de red y tienden a producir partes de flores en múltiplos de 4 o 5. En cuanto a su familia, "Poaceae", las poáceas también llamadas gramíneas, engloba a aquellas plantas herbáceas, anuales o perennes cuyas flores son hermafroditas, en ocasiones unisexuales o estériles, que se agrupan en espiguillas.