


Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Referencia:	37959/2025	
Procedimiento:	Expediente Administrativo de Medio Ambiente (MEDIO AMBIENTE)	
Interesado:		
Representante:		
Oficina Técnica de Control Contaminación Ambiental (PCALZA01)		

PLAN DE GESTIÓN Y CONTROL DE *RUGULOPTERYX OKAMURAE* EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA



ZEC de Agudú, Melilla, octubre 2024

Octubre 2025

Documento firmado electrónicamente. La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el CSV: 15704450475014542745 en <https://sede.melilla.es/validacion>



CIUDAD AUTÓNOMA
DE
MELILLA

Plaza de España s/n, Segunda Plante a la derecha Melilla (Melilla)
952 69 91 72
952 69 92 69
MELILLA

consejeriamedioambiente@melilla.es

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Documento elaborado por María Altamirano Jeschke (Universidad de Málaga) y Julio De la Rosa Álamos (Universidad de Granada) en el contexto del contrato 2170/2024/CME de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza de la Ciudad Autónoma de Melilla con la Universidad de Málaga, y cuyo uso queda bajo la responsabilidad de dicha Consejería.

Documento firmado electrónicamente. La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el CSV:
15704450475014542745 en <https://sede.melilla.es/validacion>

CONTENIDO

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	5
1.1. El alga invasora <i>Rugulopteryx okamurae</i>	5
1.2. <i>Rugulopteryx okamurae</i> en la Ciudad Autónoma de Melilla.....	5
2. OBJETIVOS DEL PLAN	7
3. PREVENCIÓN DE NUEVAS INTRODUCCIONES Y DISPERSIÓN	7
3.1. Gestión de vectores y vías de introducción y dispersión.....	8
3.1.1. Identificación de fuentes y vectores de introducción y dispersión	8
3.1.2. Actuaciones de gestión de vectores	9
3.2. Identificación de espacios y momentos de riesgo de invasión	10
3.3. Establecimiento de un protocolo de vigilancia y alerta temprana ...	11
3.4. Manejo y conservación de hábitats.....	13
4. GESTIÓN Y CONTROL DE LAS POBLACIONES EXISTENTES.	13
4.1. Respuesta de emergencia.....	14
4.2. Identificación, cuantificación y seguimiento de amenazas e impactos	16
4.3. Opciones de control de la especie	18
4.3.1. Erradicación.....	18
4.3.2. Contención	19
4.3.3. Control poblacional.....	19
4.3.4. Gestión de la biomasa en suspensión y en arribazón.....	20
4.4. Seguimiento de la especie	21
5. SENSIBILIZACIÓN, EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN	21
5.1. Sensibilización y educación	22
5.2. Comunicación	23
5.3. Formación.....	23
6. GOBERNANZA Y COORDINACIÓN	23

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

**7. ACTUACIONES DE INTERÉS A DESARROLLAR EN EL CONTEXTO DEL PRESENTE
PLAN 24**

8. EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN, REVISIÓN Y VIGENCIA DEL PLAN 25

8. BIBLIOGRAFÍA PARA CONSULTA 26

**ANEXO I: PLAN DE GESTIÓN DE BIOMASA EN LA CIUDAD AUTONOMA DE
MELILLA.....29**

RESUMEN

Documento firmado electrónicamente. La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el CSV:
15704450475014542745 en <https://sede.melilla.es/validacion>

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

El alga *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta), originaria de las costas asiáticas del Pacífico, se encuentra incluida desde 2020 en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto), y desde 2022 en la Lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea (Reglamento de Ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión de 12 de julio de 2022), por los impactos ecológicos y socioeconómicos que produce en los bienes y servicios ecosistémicos. Ante esta situación, y siguiendo las directrices del Real Decreto 630/2013 de 2 de agosto, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España publicó la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España, aprobada por la Conferencia Sectorial de 28 de julio de 2022.

Rugulopteryx okamurae fue detectada por primera vez como material arrojado en el infralitoral de Melilla, de manera aislada, en 2021 (Altamirano & De la Rosa, obs. pers.). Posteriormente, el grupo de trabajo de la Universidad de Granada (Campus de Melilla) al amparo del 3^{er} Convenio específico de colaboración entre la Ciudad Autónoma de Melilla y la Universidad de Granada para el estudio de especies y hábitats de las zonas ZEC y el litoral de Melilla (BOME nº 6109, 3 de octubre de 2023) detectaron la presencia de *R. okamurae* como arribazón en las playas de la bahía portuaria, sin precisar fecha, desde quizás, la segunda mitad del año 2023, tal y como recoge el informe *Presencia del alga invasora Rugulopteryx okamurae en el litoral de Melilla*, del 28 de agosto de 2024. A raíz de este informe, y atendiendo al comportamiento de *R. okamurae* en otras zonas donde se ha introducido y asentado, así como a los impactos ambientales y socioeconómicos que genera, su presencia en el litoral de Melilla ha sido considerada una amenaza grave.

Es en este contexto, y antes la presencia constatada del alga invasora *R. okamurae* en las costas de la Ciudad Autónoma de Melilla, que su Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza comienza las gestiones para el desarrollo de un Plan de gestión y control de *R. okamurae*, que se inician con la elaboración de los trabajos de actualización y diagnóstico de la situación de *R. okamurae* en Melilla por parte de la Universidad de Málaga y la Universidad de Granada a finales de 2024, y con la publicación del correspondiente [informe](#) a principios de 2025.

El presente Plan de gestión y control de *R. okamurae* (en adelante Plan) se diseña con el fin de minimizar el impacto de la especie en la Ciudad Autónoma de Melilla, e incluye los objetivos, medidas y acciones para su alcance en base a la información científica y técnica disponible. El Plan se vertebra sobre los siguientes objetivos generales:

1. La prevención de nuevas introducciones y dispersión.
2. La gestión y control de las poblaciones existentes incluyendo la biomasa arrojada.
3. La sensibilización, educación, comunicación y formación a los agentes implicados y la ciudadanía en general.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

4. La gobernanza y coordinación entre los agentes implicados.
5. La ejecución, seguimiento, evaluación, revisión y vigencia del Plan.

El plan es un documento abierto y flexible, sujeto a aquellas modificaciones que correspondan con la aparición de elementos relacionados con la aplicación de las mejores técnicas disponibles, modificación de normativa o nuevos criterios o conocimientos científicos sobre la especie.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1. El alga invasora *Rugulopteryx okamurae*

El alga *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta), originaria de las costas asiáticas del Pacífico, se encuentra incluida desde 2020 en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto), y desde 2022 en la Lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea (Reglamento de Ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión de 12 de julio de 2022).

Según algunos autores, la invasión de *Rugulopteryx okamurae*, ha sido, desde su detección en las costas de Ceuta en 2015, una de las más rápidas e intensas producidas hasta la fecha (García-Gómez et al. 2018, 2020, 2021), sin que exista ningún precedente similar en aguas europeas (Faria et al. 2022). La rápida expansión y colonización por parte de *R. okamurae* de la mayoría de los fondos rocosos fotófilos, ha provocado severos impactos en la comunidad nativa bentónica del Mar de Alborán y de todas aquellas zonas donde se ha introducido, acelerando la homogeneización de la comunidad y la drástica reducción de la biodiversidad marina (Altamirano et al. 2016; García-Gómez et al. 2020; Faria et al. 2022, Laamraoui et al. 2024). Actualmente la especie se encuentra presente en Portugal peninsular, Azores y Madeira, costa mediterránea francesa e Italia, y en España, en Andalucía, Alicante, Cataluña, Galicia, Asturias, País Vasco y Canarias, además de Ceuta y Melilla.

Rugulopteryx okamurae exhibe una alta capacidad de proliferación tanto por vía vegetativa como asexual, pudiendo un solo individuo producir cientos de nuevos reclutas a partir de propágulos y monosporas al mismo tiempo (Rosas-Guerrero et al. 2020; Salido & Altamirano 2021) produciendo una ocupación masiva del fondo marino (Rosas-Guerrero et al. 2025). Además, puede crecer no sólo adherida al fondo marino, sino también flotando en la columna de agua, siendo arrastrada en grandes acumulaciones de biomasa, movidas por las corrientes marinas, y que en muchos casos son arrastradas a las playas en toneladas, produciendo importantes impactos socioeconómicos asociados a su retirada para poder mantener el valor recreativo de la costa para el sector turístico. En otros casos, estas acumulaciones de biomasa a la deriva quedan atrapadas accidentalmente en el desarrollo

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

de las actividades pesqueras, produciendo un impacto económico importante para los pescadores. En conjunto, el impacto económico de *R. okamurae* se ha estimado en España en varios millones de euros al año (Mogollón et al. 2024).

Ante esta situación, y siguiendo las directrices del Real Decreto 630/2013 de 2 de agosto, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España publicó la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España, aprobada por la Conferencia Sectorial de 28 de julio de 2022.

1.2. *Rugulopteryx okamurae* en la Ciudad Autónoma de Melilla

Rugulopteryx okamurae fue detectada por primera vez como material arrojado en el infralitoral de Melilla, de manera aislada, en 2021 (Altamirano & De la Rosa, obs. pers.). Posteriormente, el grupo de trabajo de la Universidad de Granada (Campus de Melilla) al amparo del 3^{er} Convenio específico de colaboración entre la Ciudad Autónoma de Melilla y la Universidad de Granada para el estudio de especies y hábitats de las zonas ZEC y el litoral de Melilla (BOME nº 6109, 3 de octubre de 2023) detectaron la presencia de *R. okamurae* como arribazón en las playas de la bahía portuaria, sin precisar fecha, desde quizás, la segunda mitad del año 2023, tal y como recoge el informe *Presencia del alga invasora Rugulopteryx okamurae en el litoral de Melilla*, del 28 de agosto de 2024. A raíz de este informe, y atendiendo al comportamiento de *R. okamurae* en otras zonas donde se ha introducido y asentado, así como a los impactos ambientales y socioeconómicos que genera, su presencia en el litoral de Melilla ha sido considerada una amenaza grave.

El Artículo 9 del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, sobre Medidas urgentes, indica que, en caso de constatarse la existencia de una amenaza grave producida por la aparición de una especie exótica invasora, incluida o no en el catálogo, las comunidades y ciudades autónomas en el ámbito de sus competencias, aplicarán de forma urgente las medidas necesarias para el seguimiento, control y posible erradicación de la especie, en coordinación con el Ministerio. Además, el Plan de Energía y Clima de la Ciudad Autónoma de Melilla es sensible al problema de las especies exóticas invasoras, e incluye su apartado A.3.2. Programa de detección, control y erradicación de especies exóticas invasoras. Es en este contexto, y antes la presencia constatada del alga invasora *R. okamurae* en las costas de la Ciudad Autónoma de Melilla, que su Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza comienza las gestiones para el desarrollo de un Plan de gestión y control de *R. okamurae*, que se inician con la elaboración de los trabajos de actualización y diagnóstico de la situación de *R. okamurae* en Melilla por parte de la Universidad de Málaga y la Universidad de Granada a finales de 2024, y con la publicación del correspondiente [informe](#) a principios de 2025.

El citado informe concluye que *Rugulopteryx okamurae* se encuentra presente y ampliamente distribuida en el litoral de Melilla, tanto con hábito bentónico, asentado en el

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

fondo marino, como planctónico, de un límite fronterizo a otro. Se la ha podido encontrar asentada tanto en ambiente portuario (escolleras, pantalanés), como en áreas naturales, incluidas las de la Zona de Especial Conservación (ZEC) de Aguadú, no descartándose en otras zonas del litoral melillense no muestreadas. La especie aparece de forma dispersa, muy parcheada, formando pequeños rodales poco extensos con una cobertura entre un 12% y un 58% del sustrato, y ocupando preferentemente hábitats poco expuestos como grietas, al abrigo de extraplomos o grandes bloques de roca, entre 2 y 12 m, evitando las superficies planas y expuestas. El estado de invasión de *R. okamuræ* en Melilla era incipiente, sin colonizar de forma masiva el sustrato ni abarcando grandes superficies. En el momento de las actuaciones no se detectó ningún impacto ecológico sobre las 67 especies identificadas y los 24 hábitats diferentes observados, con especial atención puesta sobre las especies incluidas en el LESRPE (*Cystoseira* spp. s.l. y *Cymbula safiana*) y en el CEEA (*Patella ferruginea* y *Dendropoma lebeche*). Sólo en los hábitats mesolitorales no se detectó *R. okamuræ*. Atendiendo al comportamiento de la especie en otras zonas invadidas, no se descarta una mayor agresividad de la especie en el futuro, que pudiera comprometer la conservación de las comunidades presentes en la ZEC de Aguadú y otras zonas del litoral de Melilla. De especial preocupación son las especies de *Cystoseira* spp. s.l., *D. lebeche* o *C. safiana*, o la mancha de la fanerógama marina *Cymodocea nososa*. El informe concluye también que *R. okamuræ* está produciendo un impacto socioeconómico en Melilla asociado exclusivamente a las arribazones en las playas, debido a la necesidad de su gestión para su uso por parte de los ciudadanos. Así mismo, se indica que estas arribazones en ocasiones son de naturaleza mixta, estando presente otras especies, y que probablemente no procedan de poblaciones asentadas en el litoral de Melilla, sino que tengan un origen externo. Las zonas más afectadas por estas arribazones son las playas de La Hípica, San Lorenzo, Hipódromo y Cárabo, si bien otros tramos del litoral pueden verse afectados dependiendo del viento y las corrientes.

Desde la fecha de la publicación de dicho informe hasta la de la redacción del presente Plan, *R. okamuræ* ha seguido produciendo arribazones en las costas de Melilla, cada vez con más frecuencia y abundantes, incrementando el impacto socioeconómico de la especie para la ciudad, sin que se pueda descartar un incremento de la presencia de la especie en los fondos marinos y el inicio de impactos ecológicos no identificados ni cuantificados aún.

2. OBJETIVOS DEL PLAN

El presente Plan de gestión y control de *R. okamuræ* (en adelante Plan) se diseña con el fin de minimizar el impacto de la especie en la Ciudad Autónoma de Melilla, e incluye los objetivos, medidas y acciones para su alcance en base a la información científica y técnica disponible. El Plan se vertebra sobre los siguientes objetivos generales:

1. La prevención de nuevas introducciones y dispersión.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

2. La gestión y control de las poblaciones existentes incluyendo la biomasa arrojada
3. La sensibilización, educación, comunicación, investigación y formación a los agentes implicados y la ciudadanía en general.
4. La gobernanza y coordinación entre los agentes implicados.
5. La ejecución, seguimiento, evaluación, revisión y vigencia del Plan.

3. PREVENCIÓN DE NUEVAS INTRODUCCIONES Y DISPERSIÓN

En la gestión de especies invasoras la prevención de su introducción y dispersión es la aproximación de gestión más eficiente en coste-beneficio para minimizar su impacto, y es por ello que son prioritarias en el presente Plan. El abordaje de la prevención de la introducción y dispersión de *R. okamurae* en Melilla del presente Plan se centra en los siguientes aspectos:

- La gestión de los vectores y vías de introducción y dispersión.
- La identificación de espacios y momentos de riesgo de invasión.
- El desarrollo de un protocolo de vigilancia y alerta temprana.
- El manejo y la conservación de hábitats.
- La sensibilización, educación y formación de la ciudadanía y las partes interesadas.
- Comunicación, cooperación y gobernanza entre las partes interesadas.
- Identificación y cuantificación de los recursos necesarios y disponibles.

Para que todas las actuaciones asociadas a los puntos anteriores cumplan su objetivo se deben desarrollar los protocolos necesarios para la correcta coordinación y comunicación entre las partes interesadas, con una adecuada identificación y asignación de responsabilidades y gobernanza. Además, es necesario la identificación y cuantificación de los recursos necesarios y disponibles para cada una de ellas, tanto en naturaleza, cantidad como en el tiempo. En esta sección 3 se desarrollarán los cuatro primeros puntos, dejando los últimos tres para las secciones 6 y 7 del Plan.

3.1. Gestión de vectores y vías de introducción y dispersión

El origen geográfico y la forma de introducción de *R. okamurae* en Melilla se desconoce a ciencia cierta. Tampoco se sabe si fue un único evento de introducción o fueron varios en momentos diferentes y con diferente presión de propágulos. Esto lleva a pensar que mientras no se identifiquen los vectores y vías de introducción de la especie en Melilla, las poblaciones actuales pueden verse enriquecidas con individuos de otras poblaciones fuera de Melilla. De igual forma identificar los vectores de dispersión local es

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

importante para impedir, por un lado, la llegada de la especie a sitios aún no invadidos, y por otro entorpecer actuaciones de control poblacional sobre la especie.

3.1.1. Identificación de fuentes y vectores de introducción y dispersión

Entre las vías de entrada/dispersión incluidas en el Plan de Acción sobre vías de introducción y propagación de las especies exóticas invasoras en España (2021), asociadas a *R. okamurae* en la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España (en adelante Estrategia nacional), para Melilla se identifican las siguientes:

- #3 Vías acuáticas: mares/cuencas/vías navegables interconectadas
- #7 Dispersión no asistida: dispersión natural transfronteriza de especies exóticas invasoras que han sido introducidas por las otras vías
- #10 Transporte-polizón: maquinaria/equipos
- #11 Transporte-polizón: aguas de lastre de buque/barco
- #12 Transporte-polizón: polizones en un buque/barco (con exclusión del agua de lastre y la incrustación en cascos de buques)

Si bien no se puede conocer con certeza los vectores de introducción de *R. okamurae* en Melilla, atendiendo a lo indicado en la Estrategia nacional y a la experiencia y conocimiento acumulado sobre la especie en estos diez años de invasión, se señalan como potenciales vectores de introducción y dispersión los siguientes, a los cuales se trata de asociar una fuente de los individuos introducidos:

- Aguas de lastre. Melilla mantiene un tráfico de cruceros con Gibraltar, Málaga y Cartagena, así como línea regular con Algeciras, Málaga, Motril y Almería. La frecuencia de los cruceros es baja, pero la de las líneas regulares va desde diaria a quincenal. Tanto los barcos de cruceros como los de las líneas regulares utilizan aguas de lastre. Atendiendo a que *R. okamurae* se encuentra de manera abundante en algunos puntos de origen de esos barcos (Algeciras, Málaga y Gibraltar), puede existir una introducción continua de *R. okamurae* desde poblaciones peninsulares mediante aguas de lastre.
- Embarcaciones y material de recreo acuático. Aunque *R. okamurae* no parece dispersarse adherida a cascos de embarcaciones, sí que puede emplear otras zonas de los mismos para ser introducida/dispersada, tales como cabos, anclas o hélices, tanto de embarcaciones que tienen como destino Melilla (introducción) como dentro de Melilla (dispersión). El material de actividades acuáticas recreativas como los equipos de buceo o de pesca también son potenciales vectores de introducción y dispersión si no son tratados adecuadamente. La fuente en estos casos puede ser o

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

bien de poblaciones peninsulares fijadas al fondo, o bien de material en suspensión en la columna de agua.

- Corrientes marinas. Además del hábito bentónico, *R. okamurae* exhibe también un hábito pelágico, pudiendo vivir en suspensión dentro de la zona fótica y sobrevivir fuera de ella durante un periodo de tiempo de al menos tres semanas. Esto está favoreciendo la proliferación de la especie en la columna de agua y con ello su transporte y dispersión geográfica. Se puede señalar a las corrientes marinas como el vector natural que explica las arribazones recurrentes en las playas de Melilla, probablemente de biomasa de *R. okamurae* que, o bien procede de zonas invadidas en el litoral marroquí, o de otras zonas invadidas del Mediterráneo o, de masas de biomasa errantes.

En este apartado es interesante identificar también superficies susceptibles de la fijación de la especie cuando es introducida o dispersada localmente, tales como boyas, cabos, pantalanes portuarios o basura marina, que también deberían ser objeto de gestión.

3.1.2. Actuaciones de gestión de vectores

Una vez identificados los potenciales vectores de introducción y dispersión de *R. okamurae* en Melilla se tratará de abordar las siguientes actuaciones para su gestión, tanto en presencia de la especie como si aún no se ha registrado en un sitio.

- Inspección de vectores y superficies susceptibles. En el caso de las embarcaciones que transportan aguas de lastre se incentivará por parte de la Capitanía Marítima el cumplimiento del Reglamento Internacional de Gestión de Aguas de Lastre, con especial énfasis en la vigilancia de las hojas de registro de las aguas de lastre. En este sentido también se tendrá en cuenta el cumplimiento de este Reglamento en la adjudicación de bonificaciones ambientales.
- En el caso de las embarcaciones de recreo los usuarios deberán realizar inspecciones oculares de las partes del barco que pudieran transportar talos de *R. okamurae* tras las travesías, con especial atención a cabos, anclas y hélices (también es recomendable inspeccionar oquedades del barco en contacto con el agua), que pudieran dispersar la especie o introducir en la zona portuaria. Esto es de especial interés en el caso de embarcaciones que hayan estado en zonas ya invadidas, y sobre todo para aquellas que vayan a fondear o navegar en la ZEC de Aguadú. En el caso de los equipos de buceo y/o pesca, los usuarios deben realizar siempre inspecciones tras su uso. Para el caso de superficies susceptibles de fijación de la especie, se sugiere implementar un plan de seguimiento de las mismas. Cuando se encuentren talos o restos del alga en los vectores y superficies susceptibles, estos talos deben ser retirados y asegurar su no retorno al mar, por

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

ejemplo, metiéndolos en bolsa de plástico y depositándolos en un contenedor de basura.

- Desinfección de vectores. Algunos vectores son susceptibles de desinfección tras su contacto con el alga, lo cual garantiza que no favorecerá su dispersión. La desinfección refuerza y complementa las inspecciones oculares y retiradas manuales de talos, especialmente de equipos recreativos como los de buceo o en superficies susceptibles como boyas o cabos. Siempre será mejor aplicar un tratamiento de desinfección, aunque no sea eficaz al cien por cien, que no realizarlo. Existen diferentes procedimientos de desinfección que han probado ser eficaces para *R. okamurae*, si bien existen diferencias entre ellos en cuanto al tiempo de aplicación, coste, seguridad de aplicación para el usuario y el medio ambiente, así como su eficacia según que superficie. La desinfección con una solución diluida de lejía o sulfato de cobre es altamente eficaz pero no es inocua para el usuario ni el medio ambiente; la inmersión en agua dulce durante 24h no llega a producir una mortalidad del 100%, pero probablemente con tiempo mayores sí; el empleo de una solución diluida de vinagre doméstico ha resultado muy eficaz como desinfectante de *R. okamurae* y no es dañino para el usuario ni el medio ambiente. Para reforzar estos tratamientos sugeridos se puede aplicar un tratamiento físico como la exposición al sol en emersión de la superficie a desinfectar. Para promover las desinfecciones, en los espacios portuarios se podrían facilitar infraestructuras para las mismas, como cubas con soluciones desinfectantes para aparejos de pesca, cabos, equipo ligero de buceo, etc. Para favorecer estas actuaciones se realizarán actividades para fomentar la sensibilización de la ciudadanía en relación a la problemática de *R. okamurae*, así como se llevarán a cabo acciones formativas y educativas asociadas.
- Control de movimiento de vectores. Aquellos vectores que tengan talos de *R. okamurae* adheridos de alguna forma, no deberían ser usados hasta la retirada de los mismos y/o desinfección, y en ningún caso visitar una zona no invadida. De igual forma, en zonas invadidas, especialmente en aquellas donde la invasión sea incipiente o se esté realizando actuaciones de control poblacional sobre *R. okamurae*, se deberá evitar el fondeo de embarcaciones, y reducir en la medida de lo posible actividades que puedan dispersar la especie. Para favorecer ésto se podrán desarrollar una instrucción o reglamento de regulación de actividades por parte de la autoridad competente prohibiendo el fondeo, pudiéndose solo hacer uso de las boyas instaladas para tal efecto. Es importante recordar que un solo talo de la especie es capaz de generar cientos de nuevos individuos.

3.2. Identificación de espacios y momentos de riesgo de invasión

Atendiendo a la experiencia y conocimiento previo sobre *R. okamurae* en otras áreas geográficas invadidas, se puede generalizar para Melilla y señalar diferentes espacios de su

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

litoral susceptibles de ser puntos de introducción y establecimiento de la especie. Estos espacios deberán ser objeto de vigilancia y de otras actuaciones de prevención, como la gestión de vectores que lo frecuenten.

Ya que los principales vectores de origen antropogénico para *R. okamurae*, citados anteriormente, están estrechamente ligados a ambientes portuarios, estos espacios son identificados como de alto riesgo de introducción y serán objeto de actuaciones de vigilancia siguiendo un protocolo que debe tener en cuenta los diferentes hábitats presentes en el puerto. Para este Plan se va a considerar en Melilla un único puerto, si bien tiene espacios dedicados a diferentes usos (comercial, de pasajeros, deportivo, pesquero). Así, se contempla llevar a cabo un mapeo de las potenciales poblaciones flotantes de *R. okamurae* en el interior del puerto, y entender cómo se desplazan en función de las corrientes marinas.

En Melilla existen otros espacios de riesgo de ser ocupados por *R. okamurae*, que básicamente son todos aquellos sustratos duros, naturales o artificiales con un grado moderado de batimiento e iluminación e inmersión permanente. En cuanto a comunidades nativas sensibles de ser invadidas a nivel mesolitoral e infralitoral más somero destacan las comunidades dominadas por especies de algas rojas articuladas como *Ellisolandia elongata*. En niveles inferiores tanto bien iluminados como moderadamente iluminados dominan céspedes caracterizados por especies del género *Halopteris* que también se ven muy amenazados, y comunidades de algas con presencia de fucales (*Cystoseira* spp s.l.). En condiciones más esciáfilas, constituyendo el coralígeno, las formaciones de algas rojas y gorgonias son también muy susceptibles a la invasión debido al buen sustrato que ofrecen. Otra comunidad que se ve muy expuesta a la invasión son los blanquiales, comunidades dominadas por erizos y algas rojas incrustantes, debido a la disponibilidad de sustrato libre que ofrecen y la resistencia que ofrece la especie frente a la herbívora por los erizos. Se acometerán actuaciones encaminadas a confirmar estos espacios y comunidades y la identificación de otros.

Teniendo en cuenta la información científica disponible (Rosas-Guerrero et al. 2025), el momento de mayor invasividad de *R. okamurae* tiene lugar en los meses más cálidos, desde mayo a octubre, cuando la especie comienza a desarrollar su morfotipo fino, presentando una elevada densidad de individuos por unidad de superficie, así como una elevada capacidad de proliferación por propágulos y esporas. Se considera de interés conocer la fenología vegetativa y reproductiva de la especie en las condiciones particulares de Melilla, con el fin de conocer más específicamente la invasividad de la especie en el litoral de la Ciudad Autónoma.

3.3. Establecimiento de un protocolo de vigilancia y alerta temprana

En tanto que en Melilla todavía hay zonas sin la presencia de *R. okamurae*, es necesario trabajar en la prevención de su introducción y dispersión, por un lado, actuando

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

en la gestión de vectores, y por otro en la vigilancia de esas zonas aún no invadidas, tanto las de alto valor ecológico como zonas portuarias con alto riesgo de introducción y establecimiento. Para ello se implementará un protocolo de vigilancia y alerta temprana que, en caso de detección de *R. okamurae*, desencadenará una respuesta de emergencia lo más rápida posible. Dicho protocolo incluirá un programa de monitoreo sistemático y continuo en puntos calientes de introducción y en áreas, o sobre especies, de interés para su conservación.

El protocolo de vigilancia será integrador y permitirá la colaboración de diferentes entidades, desde administraciones públicas (Consejería de Medio Ambiente, Autoridades Portuarias) e instituciones científicas (universidades/centros de investigación), a plataformas de ciencia ciudadana (Observadores del Maro cualquier otra existente en Melilla) y otras potenciales partes interesadas (centros/club de buceo/pesca, náutica recreativa), con una clara delimitación de las responsabilidades de cada uno, para lo cual la comunicación fluida y frecuente entre las partes es fundamental. A continuación, se va a dar información general para el diseño del protocolo de vigilancia y alerta temprana, que se desarrollará con precisión entre las partes participantes bajo la coordinación de la Consejería de Medio Ambiente atendiendo a los recursos disponibles en cuanto a cantidad y tiempo.

Para la vigilancia en el puerto, es importante crear un mapa de hábitats del mismo, que permita identificar las zonas de mayor riesgo de introducción, asentamiento o acúmulo de *R. okamurae*, y diseñar, atendiendo a los recursos disponibles, la estrategia de muestreo que permita al menos tener representados todos los tipos de hábitats portuarios de riesgo. Para esto es necesaria la implicación de la Consejería de Medio Ambiente y de la Autoridad Portuaria. Tanto la frecuencia como el método de muestreo dependerá de los recursos disponibles. Idealmente los muestreos deberán llevarse a cabo al menos estacionalmente (o como mínimo en los meses más cálidos cuando la especie es más productiva y reproductiva). En cuanto a la técnica muestreo, para *R. okamurae* pueden llevarse a cabo inspecciones visuales a pie, por ejemplo, de pantalanes, cabos y boyas, e inspecciones en barco o con buceo en apnea. En algunos casos, por ejemplo, en el Cargadero de Mineral, sería interesante realizar inspecciones mediante buceo con escafandra autónoma. El uso de ROVs puede ser eficaz también, pero debe probarse en Melilla.

Aunque también necesario en los espacios portuarios, con mayor importancia es necesario disponer de una información base actualizada sobre la biodiversidad nativa y el estado de conservación y las amenazas presentes, que sirva de referencia para el caso en que haya que realizar una evaluación del impacto ambiental de *R. okamurae* si llega a introducirse. Esto además servirá para identificar los objetivos de vigilancia en estos espacios, permitiendo decidir si la vigilancia se hace en el sitio en su conjunto (por ejemplo, realizando transectos o empleando estaciones centinelas) o sobre una especie/población concreta (por ejemplo, sobre una población de *Astroides calycularis* de la ZEC de Aguadú). En el caso de espacios, como la ZEC de Aguadú, que ya sean objeto de algún tipo de seguimiento de sus fondos marinos, la vigilancia y detección de *R. okamurae* se puede

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

integrar en ese seguimiento anterior. La vigilancia en estos casos se puede hacer con buceo en apnea o escafandra autónoma, principalmente. El uso de ROV para la detección temprana, si bien es necesario, probarlo, puede no ser eficaz para la detección temprana de la especie, ya que aparece en baja densidad ocupando espacios esciáfilos en muchos casos, de difícil acceso para el ROV.

Dado que los recursos son limitados y las actuaciones en el medio marino costosas, es fundamental acertar con el objetivo a abordar, que siempre debe ser en última instancia la minimización del impacto de *R. okamurae*, que cuando se trata de actuar en las comunidades nativas, es el impacto ecológico. Es por ello que en este Plan se considera de gran interés identificar las especies, poblaciones y comunidades de mayor valor ecológico y singularidad dentro de Melilla y con mayor interés en conservación, así como su ubicación, y garantizar, en la medida de lo posible la vigilancia sobre los mismos.

Dentro de este protocolo de vigilancia es importante el análisis y manejo de la información recopilada, que se realizará de manera estandarizada, decidiendo bien qué tipo de información se recogerá para que sea comparable entre sitios y en el tiempo, y de qué manera será almacenada y por quién.

La red de espacios objeto de vigilancia, los procedimientos de muestreo, la comunicación de la información y la coordinación entre los agentes implicados, deben ayudar a la alerta temprana de detección de *R. okamurae* que desencadenará una respuesta rápida por parte de la administración para la valoración de la mejor actuación atendiendo al momento de la invasión y los recursos disponibles.

3.4. Manejo y conservación de hábitats

Aunque es cierto que *R. okamurae* ha invadido una gran variedad de ambientes y comunidades nativas, tanto bien conservados como alterados, por ejemplo, por invasiones previas, si a una eficiente gestión de vectores se le une una buena conservación o estado de restauración de una comunidad, probablemente se pueda disminuir el impacto de la especie en ese sitio. Es por ello que en el presente Plan se considera la conservación y restauración de las comunidades nativas como una herramienta de prevención del impacto de *R. okamurae*, objetivos que se abordarán si se dispone de recursos para ello.

4. GESTIÓN Y CONTROL DE LAS POBLACIONES EXISTENTES.

De manera general las actuaciones sobre una especie invasora una vez se ha introducido, suelen presentar una relación coste-beneficio muy superior a las de prevención de su introducción. Sin embargo, esto no debería ser argumento para la inacción o el rechazo a la toma de decisiones si se ha detectado la especie.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

A la hora de afrontar la gestión de poblaciones de *R. okamurae*, es necesario contar con la información necesaria para una correcta identificación del objetivo a alcanzar y las actuaciones a realizar para abordarlo. La planificación rigurosa de las actuaciones es importante, y su ejecución debe ser el resultado de un análisis integrado de la situación de la invasión para cada caso concreto.

Si las actuaciones de prevención no han sido exitosas y la especie consigue introducirse y asentarse en un sitio, lo ideal es que esta nueva población pudiera ser detectada lo antes posible, por ejemplo, como resultado del protocolo de vigilancia y alerta temprana, de tal manera que se pudiera iniciar un control sobre ella de la manera más rápida posible, y como consecuencia de una correcta toma de decisiones. Estos puntos invadidos serán objeto de una gestión, que no siempre tiene que conducir a una actuación de control poblacional, pero sí al menos a que se recopile la mejor información posible sobre ellos y la decisión lo más rápida posible sobre qué medidas abordar, con el objetivo siempre de minimizar el impacto de la especie.

Este apartado quiere servir de guía y ayuda en la toma de decisiones en la gestión de poblaciones de *R. okamurae*, tanto en el caso de un nuevo punto de invasión como de uno conocido, indicando qué información es necesaria recabar para llevar a cabo un análisis integrado de la situación que conduzca a la gestión más eficaz y eficiente posible con los medios disponibles, y que no siempre debe implicar una actuación de control sobre la población. Gestionar una población de *R. okamurae* no implica por defecto el control de la población.

4.1. Respuesta de emergencia

Cuando se detecta la presencia de *R. okamurae* en un nuevo sitio se activará una respuesta de emergencia rápida, que se estructurará en las siguientes fases, en cada una de la cuales se definirá las partes interesadas o actores:

- **Fase 1. Fase de investigación.** Se activa en cuanto se recibe por parte de la persona previamente identificada como responsable dentro del protocolo de emergencia (debe ser alguien de la administración), el aviso de la detección de una posible nueva población asentada o arribazón de *R. okamurae*, independientemente del origen de la cita. En esta fase dará respuesta a las siguientes cuestiones:
 - Ubicación geográfica precisa.
 - Confirmación de la identidad taxonómica (para *R. okamurae* en Melilla es suficiente la identificación morfoanatómica por personal formado y entrenado en su identificación, se debe guardar material de referencia congelado o en pliego de herbario).

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- Superficie estimada de ocupación y/o abundancia (% cobertura para talos asentados, biomasa por unidad de superficie por ejemplo para arribazón).
- Tipo de sustrato y comunidad nativa afectada (si la hubiere).
- Identificación del potencial impacto presente y futuro (ecológico/socioeconómico), si es posible su cuantificación estimada también.
- Presencia de vectores de dispersión.

Cuando en esta fase se tenga confirmación de la identidad de la especie y se haya confirmado la situación de emergencia por un potencial impacto, se pasará a la fase siguiente de manera rápida. La duración de la Fase 1 no debería ser superior a una semana, y sus resultados quedarán reflejados en un breve informe que deje trazabilidad de las investigaciones realizadas y sus evidencias. La información se recabará por personal formado y entrenado para ello.

- Fase 2. Toma de decisiones. Para cada caso concreto la información recabada en la fase anterior permitirá decidir el objetivo a alcanzar e identificar la actuación potencial a realizar para llevarlo a cabo con éxito si se dispusiera de recursos suficientes. Así la actuación dependerá tanto del objetivo como de los recursos. En cualquier caso, se debe tener en cuenta que no existen protocolos de actuación establecidos frente a la invasión de *R. okamurae*, tan solo escasos ensayos pilotos a pequeña escala y corto tiempo. Es por ello que es importante mantener un registro de las acciones y decisiones que se hagan en cada caso concreto en respuesta a una situación de emergencia por presencia de *R. okamurae*, que puedan servir de referencia y aprendizaje para futuras actuaciones.

Para una correcta toma de decisiones resulta de suma importancia en primer lugar definir el objetivo general que se persigue con la gestión, que puede ser minimizar el impacto socioeconómico en el caso de un evento de arribazón, o el impacto ecológico en el caso de una población asentada y/o arribazón. La gestión de las arribazones será abordada en el documento del Plan de gestión de biomasa.

Cuando el objetivo general es de conservación (reducir el impacto ecológico) se escogerá entre estos otros objetivos: restauración ecológica, mejora ecológica, protección de la biodiversidad nativa o mitigación del impacto. A continuación, se definirá el objetivo concreto que se quiere alcanzar con la gestión de la población de *R. okamurae* que puede ser: la prevención de nuevas introducciones, la erradicación de la población, su contención o su control poblacional (Dana et al. 2019) (se abordarán los aspectos técnicos de estos objetivos más adelante). En algunos casos, es posible el abordaje de varios de estos objetivos con una misma actuación.

Una vez definido los objetivos generales y específicos sobre la población de *R. okamurae*, se considerarán otras cuestiones en la toma de decisiones, que permitan analizar la viabilidad técnica de su abordaje para una consecución final exitosa.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Algunas de estas cuestiones técnicas son, por ejemplo, si el área ocupada por la especie no permite la aplicación de ningún método efectivo; si la actuación a realizar dispone de todos los permisos necesarios; si la metodología a emplear es suficientemente selectiva para *R. okamurae* como para no comprometer la integridad de las especies y comunidad nativa, o de actividades económicas y/o valores sociales (por ejemplo, recreacionales); si el momento de la actuación es el más adecuado teniendo en cuenta la biología de la especie, si la metodología considera una frecuencia adecuada de repetición de las actuaciones si fueran necesarias (por ejemplo en las de control poblacional); si se han identificado los indicadores de seguimiento y éxito de la actuación; si existe algún riesgo para la salud humana o para los operarios (por ejemplo si la población está a gran profundidad). Además, siempre será necesario asegurarse de que se conocen y se tienen controladas todas las cuestiones técnicas de la actuación desde el principio hasta que se dé por terminada por consecución del objetivo.

Las cuestiones administrativas son también importantes a tener en cuenta en la toma de decisiones, siendo las más importantes aquellas relacionadas con los recursos necesarios y disponibles. Por ejemplo, es importante saber si se cuenta con personal formado y capacitado suficiente, por el tiempo suficiente y en el momento necesario. En relación a los recursos económicos es importante valorar si todas las tareas y sus necesidades han sido incluidas en el presupuesto de costes de la actuación, y si la disponibilidad de fondos está garantizada durante el tiempo total de actuación y con la rapidez que requiera cada actuación. Para todo ello es importante la elaboración lo más detallada posible del presupuesto de la actuación desde su inicio hasta su final, contemplando situaciones de contingencia. Una vez se tenga el presupuesto se debe decidir si es posible disponer de esos recursos económicos y si es posible su gestión eficiente. El fallo en cualquiera de esas dos cosas puede llevar a la decisión de no acometer la actuación o de cambiar el objetivo para ajustarlo a un presupuesto más reducido.

- **Fase 3. Fase operativa.** Una vez se ha decidido la actuación a realizar, se pasará a la fase de ejecución de las actuaciones. Esta fase se puede asimilar a la ejecución de un proyecto, donde la planificación temporal y de recursos (humanos, técnicos y económicos) es necesaria hacerla de antemano y seguirla, valorando con indicadores el éxito de cada una de sus partes. En esta fase operativa es importante la identificación de fases y la redacción de informes periódicos sobre la ejecución y consecución de ellas, de especial importancia en las primeras actuaciones, que podrán considerarse todas como acciones piloto o ensayos, al no existir experiencias previas que puedan servir de referentes precisos. Para una correcta y fluida fase operativa se debe garantizar la disponibilidad de los recursos económicos en la forma y tiempo necesario, sin demoras largas.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

4.2. Identificación, cuantificación y seguimiento de amenazas e impactos

La constatación de una amenaza y/o impacto por parte de *R. okamurae* es un prerequisite para decidir realizar una actuación de gestión sobre ella. Siempre es preferible actuar cuando solamente supone una amenaza que cuando ya está produciendo un impacto, sea del tipo que sea. Hasta el momento en la mayoría de los casos la llegada de *R. okamurae* a un nuevo sitio produce un elevado impacto ecológico y/o socioeconómico en un rango de tiempo que se estima en meses. Sin embargo, en algunos casos la especie, aún presente en la comunidad nativa, no produce un impacto apreciable, por ejemplo, en los momentos iniciales de la invasión, o como en otros casos, por causas aún no entendidas, incluso con el paso del tiempo. En estos casos se habla de amenaza, pues no se evidencia un impacto, y es por tanto un momento adecuado para acometer actuaciones de gestión de manera temprana que pueden evitar el inicio de un impacto. Pongamos el caso de la detección temprana de *R. okamurae* en un sitio de interés ecológico o sobre una población de una especie protegida, con la presencia de pocos talos que ocupan un área muy reducida, de tal manera que todavía no se aprecia impacto ecológico. En este caso se habla de amenaza, que se puede identificar y cuantificar (amenaza de extinción de una población de una especie protegida en la zona), y debería desencadenar acciones de gestión de prevención de nuevas introducciones (control de vectores, por ejemplo) y de control poblacional sobre *R. okamurae*, por ejemplo. Las actuaciones de gestión de amenazas tratarán de impedir el impacto, y si es posible eliminar o reducir la amenaza.

Cuando la presencia de *R. okamurae* produce cambios en los valores naturales y servicios ecosistémicos de un sitio (disminuye la biodiversidad o naturalidad de la comunidad nativa, altera las características fisicoquímicas del agua, etc), o produce un perjuicio socioeconómico, se habla de que produce un impacto. La constatación de un impacto por parte de *R. okamurae*, sea del tipo que sea, incluso sin cuantificar, llevará a la decisión de una acción de gestión que dependerá en buena manera de la naturaleza del impacto, y que siempre debe tener como objetivo la minimización o desaparición del mismo, y en algunos casos su mitigación.

En el caso de *R. okamurae* hay que tener presente, que todavía no hay evidencias, por falta de ensayos, de que acciones de gestión centradas en el control de la población puedan contener el impacto (tanto ecológico como socioeconómico), si bien para las acciones de prevención de introducción y dispersión siempre se puede asociar una reducción de amenaza e impacto. Por otro lado, los impactos ecológicos son difícilmente mitigables, mientras que los socioeconómicos en la mayoría de los casos pueden ser mitigados si se dispone de recurso económicos suficientes provenientes de fuentes diferentes de las impactadas, además de que a nivel técnico se puede abordar su disminución con más garantía de éxito. Las acciones de gestión serán diferentes para tratar de disminuir el impacto ecológico y el socioeconómico, incluso cuando quien los produzca pueda ser la misma población de *R. okamurae*.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

En Melilla actualmente las amenazas e impactos ecológicos de *R. okamurae* son sobre la biodiversidad nativa, con especial preocupación en la ZEC de Aguadú, con la presencia de especies protegidas. Las amenazas e impactos socioeconómicos son sobre el valor recreacional de la costa, principalmente las playas de la ciudad, y los costes asociados a la propia minimización de ese primer impacto, es decir al mantenimiento del valor recreacional de las playas perdido por las arribaciones de *R. okamurae*. No se ha identificado por el momento impacto en actividades comerciales. Otros impactos socioeconómicos son los costes que están suponiendo el inicio de la planificación de la gestión de la especie en la Ciudad Autónoma, como la elaboración del presente Plan.

En la toma de decisiones para la gestión de la especie, es importante poder cuantificar el impacto potencial en el caso de amenaza, el real en el caso de que se esté produciendo, y el futuro si no se acometen acciones de gestión. Y esto es así porque siempre es importante estimar la relación coste-beneficio, entendiéndose como coste los asociados a las acciones de gestión en su conjunto para minimizar el impacto, y el beneficio el nivel de restablecimiento de la situación anterior a la llegada de la especie o incluso mejorarla. A nivel económico es más fácil estimar el coste que el beneficio que se mide en unidades diferentes. Se debe tratar de alcanzar una relación coste-beneficio más baja posible. La cuantificación de los costes se hará en base económica e incluirá todas las acciones de gestión a llevar a cabo y todos los recursos necesarios para acometerlas (horas de trabajo, alquiler de maquinaria, material fungible, transportes, etc). La cuantificación de los beneficios se basará en indicadores; por ejemplo, para el caso de la biodiversidad, incremento del número de especies o número de individuos de una especie amenazada, cobertura, etc; en el caso del impacto en playas, el número de metros que se mantiene útil para el uso recreativo.

Dado que las acciones de gestión de *R. okamurae* tienen como objetivo la disminución de su impacto, y que éstas deberían finalizar cuando el impacto haya terminado, se realizará un seguimiento del mismo, para evaluar y valorar la eficacia y eficiencia de las acciones de gestión. Esto es importante tanto para el impacto ecológico como para el socioeconómico. Para el ecológico porque permite valorar las medidas de gestión, y para el socioeconómico porque permite cuantificar el impacto acumulado en el tiempo que puede ser relevante de cara a participar o abordar acciones de mitigación. Se profundizará más en este aspecto en el Plan de gestión de biomasa.

4.3. Opciones de control de la especie

Anteriormente se ha indicado que es necesario definir el objetivo concreto que se quiere alcanzar con la gestión de la población de *R. okamurae*: la prevención de nuevas introducciones, la erradicación de la población, su contención o su control poblacional (Dana et al. 2019). Esta sección se centra en los objetivos y acciones orientadas al control de la población de *R. okamurae* que representa una amenaza y/o produce un impacto. En todas

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

las actuaciones que con este objetivo se vayan a implementar será importante tener un control exhaustivo de los vectores, permitiendo solo aquellos implicados en la actuación o por necesidad obligada.

4.3.1. Erradicación

Es la eliminación permanente y completa de todos los individuos de la población, de tal manera que la tasa de eliminación de individuos ha excedido al reclutamiento y no hay introducción de nuevos individuos de otras poblaciones.

La erradicación se abordará únicamente en el caso de la detección temprana de una nueva población de *R. okamurae*, que presente un área muy reducida de ocupación (pocos metros cuadrados a ser posible agregados), una baja densidad de individuos, y que esté a una profundidad que permita el trabajo de los buceadores un tiempo prolongado. Considerando lo anterior, es una acción especialmente recomendable en el caso de que el inicio de la invasión amenace la población de una especie protegida. La erradicación solo se acometerá si se tiene control sobre los vectores de introducción y dispersión en ese sitio, asegurando que no habrá recolonización por parte de individuos de otras poblaciones.

Para una exitosa erradicación, las acciones de retirada de talos deben iniciarse de manera rápida tras la detección de la población, y para ello se debe disponer también de manera rápida de los recursos logísticos, humanos y económicos necesarios para acometerlas. La erradicación requiere de una comunicación y coordinación eficiente, eficaz y rápida de los tomadores de decisiones y quien ejecutará la actuación, así como de autorización administrativa.

Actualmente nunca se ha llevado a cabo una actuación de erradicación exitosa de *R. okamurae*, si bien se han hecho ensayos que inicialmente tenían el objetivo de erradicación, y cambiaron a control poblacional, pero que no pudieron mantenerse en el tiempo por limitaciones económicas. Para la erradicación se pueden emplear diferentes métodos reflejado en la Estrategia nacional. En el caso de que los talos de *R. okamurae* estén mezclados con especies nativas, se debe realizar una retirada manual de los talos de *R. okamurae* por parte de personal entrenado con cuidado de no retirar individuos de las especies nativas ni dañar el sustrato. Cuando se trate de una población monoespecífica de *R. okamurae* y no haya riesgo de retirada de especies nativas, se puede emplear una subcionadora además de la retirada manual, que garantiza la retirada de los talos que la máquina no ha podido quitar. Los talos retirados se introducirán en bolsas de cierre hermético evitando el escape de talos que dispersen la especie. El número de buceadores y horas de trabajo dependerá del área invadida, la densidad y tamaño de los talos, así como la profundidad de trabajo. Estos trabajos deben realizarse con una frecuencia alta para impedir el reclutamiento y crecimiento de nuevos individuos. En caso de alcanzar el éxito de

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

la acción se debe realizar el seguimiento posterior entre medio y largo plazo de la zona para asegurar la ausencia de nuevos reclutamientos.

4.3.2. Contención

El objetivo de la contención es minimizar el riesgo de dispersión de tal manera que la tasa de retirada de talos frene o disminuya la tasa de exportación de talos que puedan dispersar la especie. Este objetivo es especialmente interesante hacerlo en el momento en que la especie esté muy reproductiva (para Melilla habría que identificarlo), reduciendo con ello la capacidad de generar nuevos reclutas que por un lado mantengan la población, y por otro puedan ser exportados hacia otras áreas. Al igual que con la erradicación, es un objetivo que debería abordarse cuanto antes.

A nivel técnico las acciones de contención pueden incluir la retirada de individuos de la población, especialmente en el periodo reproductivo de la especie, y siempre los individuos de mayor tamaño que son los que presentan el mayor esfuerzo y capacidad reproductiva. Para ello se debe hacer la retirada manual selectiva por parte de personal entrenado y formado. Además, la contención se favorece también retirando, no solo talos asentados con hábito bentónico, sino también aquellos que presenten hábito pelágico, viviendo en la columna de agua o depositados en acúmulos sobre el fondo, ya que éstos son fácilmente dispersados por las corrientes. En este contexto es en el que se justifica la idoneidad y necesidad de retirar arribazones en las playas, que devueltas al mar favorecen la dispersión de la especie. Hay que entender que las poblaciones de *R. okamurae* no solo son bentónicas, sino también pelágicas. El control de vectores y el seguimiento de la actuación son nuevamente partes clave en el éxito de la actuación.

4.3.3. Control poblacional

El objetivo es mantener el tamaño de la población de *R. okamurae* por debajo de un límite fijado previamente que permita minimizar en parte el impacto de la especie. Este objetivo puede ser complementario con el de contención, y compartir actuación. El control poblacional es un objetivo interesante, por ejemplo, en el caso de querer proteger los individuos de una población de una especie amenazada, donde la erradicación ya no es una opción por limitaciones técnicas o de recursos. Tampoco existen protocolos ni casos previos que puedan servir de referencia para Melilla (existe un ensayo piloto sobre *Posidonia oceanica*, ver la Estrategia nacional). En la Ciudad Autónoma sería interesante realizar actuaciones de control poblacional en el caso de que *R. okamurae* amenace o impacte poblaciones de *Dendropoma lebeche* o *Astroides calycularis*, si bien sería necesario investigar qué nivel de presión habría que ejercer sobre la población de *R. okamurae* que permita reducir el impacto sobre esas especies. Así se puede fijar una presión de retirada del 50% de la población. Obviamente el porcentaje que se decida se verá reflejado en los

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

costes de las actuaciones de retirada de individuos de *R. okamurae*, que en este caso también siempre habría que hacer de manera manual y con mucho cuidado de no afectar a la especie a proteger.

Las actuaciones de control poblacional deben adaptar su frecuencia a la fenología vegetativa y reproductiva de la especie en Melilla (aún por conocer), pues probablemente en los meses más fríos se puedan espaciar las actuaciones, y aumentar la frecuencia en verano cuando la especie puede ser más productiva. Las actuaciones consistirían en la retirada manual selectiva de talos de *R. okamurae* por parte de personal formado y entrenado. El control poblacional, como objetivo, exige la continuidad de las actuaciones y financiación de manera indefinida, para ser exitoso el objetivo.

4.3.4. Gestión de la biomasa en suspensión y en arribazón

En ocasiones *R. okamurae* forma acúmulos o agregados de talos que no se fijan al sustrato, sino que adquieren un hábito de vida pelágico, de tal manera que los talos o bien se mantienen en suspensión en la columna de agua y son movidos por las corrientes, o se depositan en acumulaciones más o menos grandes y/o densas en el fondo marino a diferentes profundidades. Son estos talos de hábito pelágico los que producen las arribazones en las playas cuando son empujados por las corrientes y vientos hacia las mismas. El origen de estos talos puede ser de las propias poblaciones bentónicas del litoral de Melilla, pero con más seguridad, en el momento de la redacción del presente Plan, son de acúmulos que se han ido formando en otras zonas del Mediterráneo, probablemente a partir de propágulos generados en zonas más invadidas que Melilla, como las aledañas de la costa marroquí.

La gestión de estos acúmulos y arribazones deben formar parte de este Plan y serán responsabilidad de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza. Su gestión es importante por dos motivos. El primero de ellos es porque suponen una amenaza y producen impactos tanto ecológicos (por ejemplo, sobre las matas de *Cymodocea nodosa* cercanas al puerto), como socioeconómico (la pérdida de valor recreacional de las playas). El segundo de ellos es porque estos talos de vida libre favorecen la dispersión de la especie en gran manera, sobre todo si consideramos que cuando se rompen se incrementa su capacidad de formación de propágulos. Es por ello que es importante su gestión y control.

La biomasa de talos que se acumula en el lecho marino puede ser retirada por medios mecánicos, por ejemplo, una máquina subcionadora, siempre y cuando no suponga un impacto ambiental añadido y no existan limitaciones técnicas. Esto podría disminuir la cantidad de biomasa que llega a las playas y reducir el impacto socioeconómico. Para estas actuaciones se deberá contar con la autorización preceptiva del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, tal y como establece la normativa vigente.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Por otra parte, la gestión de la biomasa que aparece en forma de arribazón en el litoral, en la línea de agua y/o sobre la costa, debe ser objeto de gestión en el marco de un Plan de gestión de biomasa (PGB) específico para la Ciudad Autónoma de Melilla (anexo I), tal y como dicta la Estrategia nacional en su punto 7.3. Gestión de biomasa desprendida. En este caso es también responsabilidad de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza la articulación de dicho PGB en coordinación con el resto de las administraciones que puedan tener competencias en la gestión de dicha biomasa. Dicta la Estrategia nacional que dicho PGB debe integrar tanto la biomasa derivada de las arribazones como aquella capturada de manera accidental como consecuencia de la actividad pesquera, esta última inexistente actualmente en Melilla. Sin embargo, en el presente Plan, la biomasa de *R. okamurae* que pudiera ser retirada del fondo marino, independientemente de la manera de hacerlo, deberá integrarse posteriormente en el PGB hasta su destino final, garantizando igualmente la trazabilidad dentro del PGB. El PGB para Melilla se desarrolla en documento aparte, si bien queda integrado y vertebrado en el presente Plan de gestión y control de *R. okamurae*.

4.4. Seguimiento de la especie

El éxito de las actuaciones de gestión y control de la especie también dependerán del conocimiento que sobre la misma se tenga a lo largo de tiempo en la costa de Melilla, con el fin de conocer la situación de la especie en cada momento y sitio, y analizar tendencias que permitan ajustes en el Plan y sus actuaciones. Este seguimiento aportará información periódica, con una frecuencia no inferior a tres meses, sobre la distribución geográfica y batimétrica de *R. okamurae*, su abundancia (área de ocupación, porcentaje de cobertura y densidad de individuos), estado vegetativo y reproductivo, especies y comunidades afectadas y variables ambientales (temperatura, salinidad). Se seleccionarán estaciones ya invadidas para conocer la evolución de la especie en las mismas, así como se realizará un seguimiento en zonas no invadidas que puede ser como parte del protocolo de vigilancia y detección temprana. Aunque la puesta en marcha del protocolo de seguimiento puede conllevar adaptaciones del mismo, es importante que se estandarice la información a recopilar para que se pueda analizar y comparar los resultados espacial y temporalmente. Los muestreos en la medida de lo posible se realizarán siempre en las mismas épocas del año para evitar sesgos por la propia fenología de la especie y con una metodología estandarizada. Se considera conveniente al inicio del seguimiento, que se realice un estudio estacional de la especie que permita, por un lado, conocer los cambios vegetativos y reproductivos de la especie en Melilla y asociarlos a cambios en variables ambientales, y por otro identificar el momento más adecuado para hacer los muestreos de seguimiento.

Este seguimiento deberá realizarse por personal formado para la identificación *in situ* de la especie y las técnicas de cuantificación de la misma. Sería interesante explorar el uso de ROVs en algunos casos, sobre todo en aquellos donde la especie puede ya estar muy asentada y ocupando áreas amplias, de tal manera que no haya dificultad en encontrarla o

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

identificarla. También se considera interesante explorar la posibilidad de incluir acciones de ciencia ciudadana como complemento del seguimiento, que siempre serán supervisadas y validadas por personal experto. La responsabilidad el seguimiento será siempre de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza.

Toda la información recopilada se plasmará en informes estructurados que respondan a preguntas concretas sobre la evolución de la especie y tengan en cuenta los resultados de muestreos anteriores e información de la especie en otros sitios.

5. SENSIBILIZACIÓN, EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN, INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN

En todos los sitios donde *R. okamurae* ha llegado, la especie sigue presente; eso quiere decir que es de esperar que la especie una vez ha llegado a Melilla permanecerá en sus costas, constituyendo un foco más dentro del escenario global de su invasión en el Mediterráneo. Esto quiere decir que, por desgracia, se volverá habitual encontrar la especie en los fondos marinos de la Ciudad Autónoma, en su puerto y arrojada en sus playas, todos sitios donde la ciudadanía podrá constatar la amenaza que supone y los impactos que produce. Los ciudadanos se verán obligados a convivir de una forma u otra con la presencia de la especie y, sufrir y adaptarse a sus impactos, recordando como era antes Melilla sin la presencia de *R. okamurae*. Y esto hace necesario y justifica la necesidad de que el presente Plan incluya acciones de sensibilización, educación, comunicación y formación sobre *R. okamurae* en Melilla, que serán una parte importante de la gestión de la especie, para poder contar con la complicidad de la ciudadanía frente al nuevo reto de la Ciudad Autónoma.

5.1. Sensibilización y educación

La falta de información a la hora de afrontar un problema por parte de quien lo padece puede llevar a una sensibilidad equivocada frente al mismo, y esto puede suponer un freno para su gestión exitosa. Es necesario para esa convivencia con *R. okamurae* por parte de todos, entender los aspectos más importantes sobre su invasión, que además dan pie a abordar el problema de las especies invasoras y la necesidad de la conservación del medio marino. Así, es necesario explicar que *R. okamurae* es una especie del Pacífico que lleva invadiendo el Mediterráneo desde hace diez años, y que ahora ha llegado a Melilla. Que no se puede señalar a ningún culpable por su llegada, pero que sí hay acciones que hacemos que pueden favorecer su llegada y dispersión, y que además las corrientes marinas también ayudan en ello. Que la presencia de *R. okamurae* permite poner en valor la diversidad de los fondos marinos de Melilla, que ahora se ven amenazados por la especie invasora, y que es una responsabilidad el intentar preservarlos para las generaciones futuras. Que cuando llegan arribazones de *R. okamurae* a las playas es importante retirarlas no solo para que el

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

ciudadano se bañe a gusto, sino porque esa biomasa puede favorecer la permanencia y dispersión de la especie. También es necesario explicar que lo que pasa en Melilla es algo que las costas de ciudades cercanas como Málaga llevan sufriendo desde hace años, así como ahora las costas de Italia y Francia, o las vecinas de Marruecos. Enseñar todo esto mediante acciones de sensibilización y educación, ayuda a hacer partícipe al ciudadano en la preocupación de los gestores por el problema, favoreciendo la observación y valoración correctas y con fundamento de la gestión que se haga del problema. Además, desarrolla la sensibilidad hacia la conservación del medio natural, y más concretamente del, por lo general, desconocido medio marino.

Para abordar acciones de educación y sensibilización sobre *R. okamurae* se identificarán los colectivos a los que irán dirigidas, siendo deseable que se dirijan a escolares, personal docente (que podrá a su vez ver en ellas recursos docentes), usuarios de playas, buceadores, armadores y patronos de embarcaciones, gestores portuarios, agentes de la autoridad, políticos, técnicos de las administración y ciudadanos en general. Estas acciones podrán ser actividades efímeras participativas de divulgación, como charlas/conferencias o jornadas sobre *R. okamurae*, especies invasoras, el medio marino, o talleres, por ejemplo, para enseñar en la playa la especie y como distinguirla de otras especies. Se hará uso de las redes sociales o páginas web donde subir información. Se diseñará material informativo específico para *R. okamurae* en Melilla, por ejemplo, folletos o carteles, paneles informativo en las playas. La sensibilización y educación de armadores y patronos de embarcaciones, así como de buceadores y pescadores es importante en la gestión de vectores, y se debería desarrollar material específico para ellos, por ejemplo, explicando la importancia de la desinfección y control de sus embarcaciones y equipos.

5.2. Comunicación

La gestión de *R. okamurae* en Melilla va a implicar acciones frecuentes, que por un lado van a ser muy visibles para el ciudadano, como por ejemplo la retirada de las arribaciones en las playas, y por otro van a implicar a varias administraciones y movilizar recursos. Estas acciones de gestión deben ser compartidas para contar con la complicidad y el apoyo de la sociedad. El papel de los medios de comunicación en la gestión de *R. okamurae* es fundamental, y es por ello que se favorecerá y ayudará a que los mensajes lleguen claros y con rigor, sin sesgos políticos que puedan dividir a la sociedad frente a un enemigo común. Los medios de comunicación tienen la oportunidad de adelantarse a las cuestiones que puedan plantear los ciudadanos sobre la gestión de *R. okamurae*, resolviendo dudas incluso antes de que se formulen. Es importante que los medios de comunicación sigan la gestión de la especie y vayan informando sobre ella.

5.3. Formación e investigación

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Las diversas acciones asociadas a la gestión de *R. okamurae* en Melilla, van a requerir de personal capacitado y acreditado con un cierto nivel de especialización que se podrá alcanzar con acciones formativas. Por ejemplo, es necesaria la capacitación en la identificación visual de *R. okamurae* y especies nativas, en las técnicas de control poblacional si son abordadas, en la propia educación y sensibilización sobre el tema. Estas acciones formativas para la capacitación y acreditación deberán ser llevadas a cabo por personal experto en la materia y estar sometidas a un continuo proceso de evaluación y actualización. Las acciones irán destinadas a técnicos de la administración o empresas que prestan servicios a la misma, colectivos como buceadores o pescadores, docentes, agentes de la autoridad, gestores, o cualquier colectivo que se estime de interés.

En cuanto a la investigación, es importante continuar realizando estudios sobre el comportamiento de este alga, así como para diferentes usos y aplicaciones, poder calorífico, así como, métodos de retirada que no impliquen un daño o impacto en el entorno de actuación.

6. GOBERNANZA Y COORDINACIÓN

La gestión de *R. okamurae* en Melilla requiere de una visión sistémica con la participación de todos los agentes implicados que son de naturaleza muy diversa. El presente Plan servirá para minimizar el impacto de la especie si quienes participan en la diferentes actuaciones a desarrollar saben que tienen que hacerlo, saben lo que tienen que hacer y actúan coordinadamente con los demás agentes contando con la mejor información posible en cada momento. Es por ello que es fundamental abordar estas cuestiones:

- La identificación de los agentes implicados en cada una de las acciones del Plan.
- El reparto de las competencias asociadas a las acciones del Plan
- La información y formación sobre dichas competencias a cada agente
- La aceptación y compromiso de los agentes implicados
- La coordinación entre los agentes implicados
- Disponer de la información necesaria a lo largo de la aplicación del Plan

A pesar de que las competencias están repartidas, el cumplimiento de las mismas debe hacerse de manera informada y coordinada con los otros agentes, puesto que habrá competencias que se imbriquen en determinados momentos. Esto va a requerir de un esfuerzo de coordinación importante entre los agentes implicados, que se puede garantizar desarrollando un protocolo de coordinación que incluya reuniones periódicas de seguimiento del Plan y siempre y cuando sean necesarias. Es importante que el representante de cada agente sea una persona comprometida con el problema y con cierto conocimiento sobre el tema, que, junto a los demás representantes de las otras partes implicadas, conformen el grupo de trabajo de *R. okamurae* en Melilla, el cual debería poder contar también con asesoramiento científico en todo momento. Este grupo de trabajo debe de poder contar con

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

personas que tengan capacidad de decisión dentro de sus entidades, para con ello agilizar las actuaciones del Plan y la disponibilidad de los recursos para ellas.

Las acciones de gestión, ensayos, etc que se realicen con el Plan serán informadas al MITERD. Además, en la medida de lo posible se favorecerá la comunicación e intercambio de información y experiencias con otros gobiernos regionales e internacionales.

El Plan no solo debe velar por la coordinación de los tomadores de decisiones y gestores, sino también de los agentes sociales que quieren y pueden tener un papel en el Plan, por ejemplo, aquellos que realizan labores de ciencia ciudadana.

7. ACTUACIONES DE INTERÉS A DESARROLLAR EN EL CONTEXTO DEL PRESENTE PLAN

Para alcanzar los objetivos generales y específicos incluidos en el presente Plan con el fin de minimizar los impactos de *R. okamurae* en Melilla se contempla la ejecución de las siguientes actuaciones por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza:

ACTUACIONES	PLAZO	TIPO DE MEDIDA	COSTE
<i>Acciones para la sensibilización, educación, formación, investigación y comunicación sobre la invasión de R. okamurae (RO) que abarque un abanico amplio de colectivos destinatarios.</i>			
Elaboración de material divulgativo (dípticos, cartelería, etc)	2025	PUNTUAL	2.000€
Formación específica para buceadores y GEAS	2025/2026	PUNTUAL	6.000 €
Jornada Informativa para ciudadanos y usuarios de embarcaciones recreativas	2025/2026	PUNTUAL	3.000 €
Jornada Informativa para personal que realice actuaciones dentro del marco del PGB de RO en Melilla	2025	PUNTUAL	3.000 €
Participación y colaboración en proyectos de investigación	2026	RECURRENTE	10.000 €/año
<i>Seguimiento del impacto de R. okamurae sobre las especies protegidas Dendropoma</i>			

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

<i>lebeche, Astroides calycularis, Patella ferrugínea y Cymodocea nodosa.</i>			
Licitación para el seguimiento del impacto ecológico de RO sobre especies protegidas en la ZEC	2026	RECURRENTE	10.000 €/año
Licitación para el seguimiento del impacto ecológico de RO sobre especies protegidas fuera de la ZEC	2026	RECURRENTE	10.000 €/año
<i>Identificación de sumideros de biomasa en la costa de Melilla y puerto.</i>			
Establecimiento de convenio de colaboración con la Autoridad Portuaria de Melilla	2026	RECURRENTE	Sin coste
<i>Desarrollo del Plan de Seguimiento de la especie en Melilla.</i>			
Contratación para el seguimiento de poblaciones de RO en Melilla	2025	RECURRENTE	20.000 €/año
Mapeo y georreferenciación de las mismas indicando densidades	2025	RECURRENTE	2.000 €/año
<i>Creación del Grupo de Trabajo de Rugulopteryx okamurae en la Ciudad Autónoma de Melilla.</i>			
Creación del grupo de Trabajo	2026	PUNTUAL	Sin coste
Nombramiento coordinador de RO en Melilla	2026	PUNTUAL	personal
Seguimiento y revisión del PGRO en Melilla	2028	RECURRENTE	Sin coste
<i>Ensayos de control poblacional tanto de poblaciones asentadas como flotantes.</i>			
Proyecto Piloto en Ensenada de Galápagos para la creación de un protocolo válido de control poblacional	2025/2026	PUNTUAL	62.400 €
<i>Gestión de las aguas de lastre.</i>			
Colaboración con Capitanía	2025/2026	RECURRENTE	Sin coste

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

marítima y Autoridad Portuaria para exigir el cumplimiento de la normativa relativa a las aguas de lastre (Convenio Marpol)			
<i>Investigación e innovación de RO en Melilla</i>			
Promoción y Fomento de la Investigación de RO en Melilla	2025/2028	RECURRENTE	20.000 €/año
Establecimiento de Convenios con otras instituciones de investigación	2025/2028	RECURRENTE	Sin coste
<i>Plan de Gestión de Biomasa RO en Melilla</i>			
Actuaciones de sensibilización e información mediante cartelería	2025	RECURRENTE	2.000€/año
Compra/ lising/ adecuación de maquinaria que permita la retirada de algas sin retirar arena	2025	PUNTUAL	87.000 €
Gestión final de la biomasa (costes estimados en función de lo recogido en 2025)	2025/2028	RECURRENTE	150.000 €/año

Estas actuaciones no son cerradas, pudiéndose incluir otras que los Servicios Técnicos de la Ciudad estimen apropiadas, siempre y cuando sigan los objetivos recogidos en el punto 2 de este documento.

8. EJECUCIÓN, SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN, REVISIÓN Y VIGENCIA DEL PLAN

El presente Plan incluye los objetivos a abordar para minimizar el impacto de *R. okamurae* en Melilla, así como las acciones para alcanzarlos de manera exitosa. Dado que la presencia de la especie en la Ciudad Autónoma es reciente, es esperable una evolución de los impactos que debe llevar asociada un ejecución, seguimiento, evaluación y revisión del presente Plan con carácter al menos anual. La ejecución del Plan se abordará con una planificación por objetivos y para cada objetivo una planificación temporal técnica y

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

económica detallada. No se abordará un objetivo si no está bien definido, ni se conoce su abordaje técnico ni los recursos necesarios. La duración de los objetivos puede ser diferente entre ellos, pero la planificación de las acciones dentro del Plan deberá ser anual y a ser posible ir de la mano de los presupuestos anuales de las fuentes económicas para su ejecución. Lo ideal sería que el Plan pudiera contar con recursos económicos que garanticen su implantación durante periodos multianuales.

El seguimiento, evaluación y revisión del Plan son procesos que deben ser responsabilidad de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, y llevados a cabo por parte del Grupo de Trabajo de *R. okamurae* en Melilla, de manera coordinada y en base a la información disponible y aportada por cada uno de los actores de las acciones incluidas en el Plan, se hayan o no llevado a cabo. Para ello es sumamente importante la trazabilidad de las acciones llevadas a cabo en el marco del Plan, que debe manifestarse en forma de informes riguroso y concisos.

El seguimiento se basará en una serie de indicadores o descriptores que permitan por un lado medir el nivel cumplimiento de los objetivos planteados, identificar debilidades y/o puntos de mejora de los abordajes técnicos empleados y permitir comparaciones temporales del Plan. Estos indicadores serán integradores y fáciles de medir y comunicar. Así para cada objetivo se emplearán indicadores técnicos específicos. Por ejemplo, para un objetivo de conservación de una población de coral naranja abordado con actuaciones de control poblacional de *R. okamurae*, se usará como indicador el número de individuos de coral presentes en la población y su área ocupada; en relación a los indicadores sobre la eficiencia y eficacia del control poblacional se puede emplear la cantidad de biomasa /talos de *R. okamurae* retirados. También se deberían aplicar indicadores económicos, por ejemplo, de los costes y procesos de las acciones. Esto es especialmente importante de cara a la posibilidad de solicitar compensaciones económicas de mitigación por el impacto de la especie. Ya que para cada acción se deberían definir indicadores de éxito y evaluación de procesos, el seguimiento, evaluación y revisión del Plan deben nutrirse en buena manera de esos informes realizados.

Las acciones de seguimiento, evaluación y revisión del Plan servirán también para poder determinar la relación coste-beneficio de las acciones realizadas, responder a la pregunta general de cuál sería el impacto si no se ejecutara el Plan y cuál es el impacto con la ejecución del mismo (incluso son sus errores y carencias). Permitir realizar un análisis acumulativo del impacto evitado en el tiempo.

La vigencia del Plan debería ser independiente de cuestiones políticas y asumirse como una competencia estructural de las administraciones implicadas mientras *R. okamurae* siga produciendo un impacto en Melilla. Se establece una vigencia de tres años para el presente Plan, periodo tras el cual y atendiendo a los informes anuales de dicho Plan y a las circunstancias particulares del momento de la invasión de *R. okamurae*, se podrá renovar

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

dicho Plan, sin menoscabo de potenciales modificaciones parciales del mismo para su adaptación a la invasión de *R. okamurae* en Melilla.

8. BIBLIOGRAFÍA PARA CONSULTA

- Altamirano, M., J. De La Rosa, F.J. Martínez. 2016. Arribazones de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Wwang, W. J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta) en el Estrecho de Gibraltar: primera cita para el Atlántico y España. *ALGAS* 52: 20.
- Altamirano, M., J. De La Rosa, F.J. Martínez, A.R. Muñoz. 2017. Prolifera en el Estrecho un alga nunca citada en nuestro litoral. *Quercus* 373: 32-33.
- Bellisimo, G., Altamirano, M., Muñoz, A.R., De la Rosa, J., Hung, T.H., Rizzuto, G., Vizzini, S., Tomasello, A. 2024. The invasive brown seaweed *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) continues to expand: first record in Italy. *BioInvasions Records* 13: 385-401. <https://doi.org/10.3391/bir.2024.13.2.08>
- Faria, J., Prestes, A. C., Moreu, I., Cacabelos, E. & Martins, G. M. 2022. Dramatic changes in the structure of shallow-water marine benthic communities following the invasion by *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in Azores (NE Atlantic). *Marine Pollution Bulletin* 175: 113358. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113358>
- García-Gómez, J. C., Florido, M., Olaya-Ponzzone, L., Rey Díaz de Rada, J., Donázar-Aramendía, I., Chacón, M., Quintero, J. J., Magariño, S. & Megina, C. 2021. Monitoring Extreme Impacts of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in El Estrecho Natural Park (Biosphere Reserve). Showing Radical Changes in the Underwater Seascape. *Frontiers in Ecology and Evolution*,9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.639161>
- García-Gómez, J. C., Sempere-Valverde, J., Ostalé-Valriberas, E., Martínez, M., Olaya-Ponzzone, L., González, A. R., Espinosa, F., Sánchez-Moyano, E., Megina, C. & Parada, J. A. 2018. *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. hwang, W. J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta), alga exótica “explosiva” en el estrecho de Gibraltar. Observaciones preliminares de su distribución e impacto. *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltares* 49: 97-113.
- García-Gómez, J. C., Sempere-Valverde, J., González, A. R., Martínez-Chacón, M., Olaya-Ponzzone, L., Sánchez- Moyano, E., Ostalé-Valriberas, E. & Megina, C. 2020. From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the Strait of Gibraltar. *Science of the Total Environment* 704, 135408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135408>
- Mogollón, S.L., Zilio, M.I., Buitrago, E.M., Caraballo, M.A., Yñiguez, R., 2024. Economic impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) along the Andalusian coastline: the case of Tarifa, Spain. *Wetlands Ecological Management* 32: 19-32. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09951-2>
- Rosas-Guerrero, J., Carmona, R. & Altamirano, M. 2020. Efecto de la temperatura y la irradiancia sobre el crecimiento, la propagación vegetativa y la actividad fotosintética del alga invasora *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta). *Algas* 56: 106.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Rosas-Guerrero, J., Carmona, R., De la Rosa, J., Zanolla, M., Altamirano, M. 2025. A population dynamics approach to understand the invasiveness of the seaweed *Rugulopteryx okamuræ* (Ochrophyta, Dictyotales). *NEOBIOTA* 97: 1-17.

Salido, M. & Altamirano, M. 2020. Variabilidad temporal de la morfología e invasividad de *Rugulopteryx okamuræ* (Dictyotales, Ochrophyta) en el estrecho de Gibraltar. *Algas* 56: 101.

ANEXO I: PLAN DE GESTIÓN DE BIOMASA DEL ALGA INVASORA *RUGULOPTERYX OKAMURÆ* PARA LA CIUDAD AUTÓNOMA DE MELILLA



Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

CONTENIDO

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	5
2. OBJETIVOS DEL PLAN DE GESTIÓN DE BIOMASA	5

Documento firmado electrónicamente. La autenticidad de este documento puede ser comprobada mediante el CSV:
15704450475014542745 en <https://sede.melilla.es/validacion>

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

3. FASE DE RETIRADA DE LA BIOMASA.....	6
3.1. Retirada de biomasa	6
3.1.1. Cuándo es necesario realizar la retirada	6
3.1.2. Cuándo no es necesario realizar la retirada.....	7
3.1.3. Qué cantidad de arribazón debe ser retirada.....	7
3.1.4. Cómo realizar la retirada	7
3.1.5. Dónde trasladar la biomasa retirada.....	9
3.1.6. Quién es responsable de la retirada	10
3.1.7. Cómo realizar la trazabilidad de la retirada.....	10
4. FASE DE TRANSPORTE Y ACOPIO DE LA BIOMASA.....	12
4.1. Cuándo transportar la biomasa a la zona de acopio	12
4.2. Cómo realizar el transporte	12
4.3. Quién es el responsable del transporte	12
4.4. Dónde transportar y acopiar la biomasa.....	12
4.6. Cómo realizar la trazabilidad del transporte.....	13
5. FASE DE ACOPIO Y GESTIÓN DE LA BIOMASA.....	13
5.1. Objetivo del acopio y la gestión de la biomasa.....	13
5.2. Hasta cuándo acopiar	13
5.3. Cuánta biomasa acopiar	14
5.4. Quién es el responsable del acopio y la gestión de la biomasa.....	14
5.5. Fases de la gestión de la biomasa acopiada	14
5.6. Objetivo del desarenado y lavado de la biomasa y cómo hacerlos	14
5.7. Objetivo del secado de la biomasa y cómo hacerlo	15
5.8. Cómo destruir la biomasa	15
5.9. Cómo mantener la trazabilidad	15

RESUMEN

El alga asiática (*Rugulopteryx okamurae*) es una especie exótica incluida en el Catálogo español de especies exóticas invasoras. En cumplimiento del artículo 64.7 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se aprobó en Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, de 28 de julio de 2022, la “Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España”, teniendo en cuenta la naturaleza e intensidad de los impactos ecológicos y socioeconómicos que produce sobre las funciones y servicios ambientales del litoral español.

Además de los impactos ambientales, *R. okamurae* está produciendo, debido a su elevada productividad vegetativa, impactos socioeconómicos, principalmente al sector pesquero y también a los ayuntamientos por el coste de la gestión de la retirada de arribazones en las playas. La Estrategia nacional establece la necesidad de la elaboración, por parte de las comunidades y ciudades autónomas, a través de los departamentos con competencia en conservación de biodiversidad y en colaboración con otras autoridades administrativas implicadas, de Planes de gestión de biomasa (PGB) de *R. okamurae*. Estos PGB deben contemplar tanto la biomasa derivada de los arribazones, como aquella capturada de manera accidental como consecuencia de la actividad pesquera.

El presente documento cubre la necesidad de la elaboración del PGB de la Ciudad Autónoma de Melilla, en cumplimiento de lo indicado en la Estrategia nacional. Su redacción se basa en la “Guía para la redacción de Planes de gestión de biomasa del alga *Rugulopteryx okamurae* por parte de las comunidades y ciudades autónomas”, elaborada y facilitada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. El presente PGB incluye las diferentes fases que deben tener los PGB según la guía, que son la retirada de la biomasa, su transporte, y acopio y gestión hasta destino final. Para cada fase se responden a las cuestiones relacionadas con su objetivo, momentos, lugares, procedimientos, responsables y trazabilidad del proceso, adaptado al contexto de Melilla.

Este PGB se inicia con la retirada de la biomasa en la playa a partir de arribazones. No se incluye la gestión de biomasa como consecuencia de la actividad pesquera porque en Melilla ésta no se produce, pero sí la que pudiera resultar de la retirada en la columna de agua o lecho marino. La biomasa retirada podrá ser acopiada de manera transitoria antes de su transporte hasta la zona final de acopio, en la cual la biomasa pasará a cadena de valorización con recuperación energética.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El alga *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta), originaria de las costas asiáticas del Pacífico, se encuentra incluida desde 2020 en el Catálogo español de especies exóticas invasoras (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto), así como en la Lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión Europea (Reglamento de Ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión de 12 de julio de 2022). Teniendo en cuenta la naturaleza e intensidad de los impactos ecológicos y socioeconómicos que produce sobre las funciones y servicios ambientales del litoral español, en cumplimiento del artículo 64.7 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se aprobó en Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, de 28 de julio de 2022, la “Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España”. Dicha Estrategia contiene directrices de gestión, control y posible erradicación de la especie.

Rugulopteryx okamurae fue detectada por primera vez como material arrojado en el infralitoral de Melilla, de manera aislada, en 2021, posteriormente en 2023, y se confirmó su presencia con poblaciones asentadas en 2024. Atendiendo al comportamiento de *R. okamurae* en otras zonas donde se ha introducido y asentado, así como a los impactos ambientales y socioeconómicos que genera, su presencia en el litoral de Melilla ha sido considerada una amenaza grave.

En aplicación del Artículo 9 del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, y el apartado A.3.2. Programa de detección, control y erradicación de especies exóticas invasoras, de el Plan de Energía y Clima de la Ciudad Autónoma de Melilla, su Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza impulsa la elaboración de un “Plan de gestión y control de *R. okamurae* en Melilla”, que se inicia con la elaboración de los trabajos de actualización y diagnóstico de la situación de *R. okamurae* en Melilla, y la publicación del correspondiente [informe](#) a principios de 2025. En este informe se deja constancia de las amenazas e impactos de la especie en Melilla, entre ellos el impacto socioeconómico asociado a los arribazones en las playas, principalmente las de La Hípica, San Lorenzo, Hipódromo y Cárabo.

El presente PGB es complementario al Plan de gestión y control de *R. okamurae* en Melilla, y quiere ser una herramienta de apoyo en la gestión y control de las poblaciones existentes, siendo el responsable de su coordinación la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza.

2. OBJETIVOS DEL PLAN DE GESTIÓN DE BIOMASA

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

El objetivo general de este PGB es ser una ayuda en la reducción del impacto que *R. okamurae* produce en Melilla debido a la biomasa de talos libres, que por un lado reducen el valor recreacional y ecológico de la costa, y por otro favorecen la dispersión de la especie. El PGB establece las fases para la gestión de dicha biomasa, así como sus objetivos, momentos, lugares, procedimientos, responsables y trazabilidad.

3. FASE DE RETIRADA DE LA BIOMASA

La biomasa a retirar puede ser la resultante de los eventos de arribazón en la costa, o bien aquella retirada de zonas sumidero sumergidas o en suspensión en la columna de agua.

3.1. Retirada de biomasa

El primer paso que debe darse en la gestión de los arribazones presentes en el litoral es decidir, dependiendo de las circunstancias, si es necesario y práctico retirar o no dichas arribazones.

Hay que entender que no hay una medida que se adapte a todas las circunstancias en el caso de la retirada de arribazones, y que antes de realizar cualquier acción hay que evaluar los principales factores espaciales, temporales, biológicos y de logística que la puedan condicionar. Además, es importante decidir cuál es el objetivo principal de la actuación, si se trata de recuperar el valor recreativo y/o ecológico del litoral y/o realizar un control poblacional y reducción de la presión de propágulos de *R. okamurae*. En todos los casos, además, es necesario antes de la retirada inspeccionar el sustrato de la playa y la cantidad a retirar, para adaptar el método de recogida y que se produzca el menor de los impactos.

En el caso de que se realizara una retirada de biomasa sumergida, de zonas sumidero o de la columna o línea de agua, está en un primer momento se realizará como experiencia piloto para comprobar la efectividad de la medida (eficiencia, recursos, inocuidad ambiental, etc). La biomasa recogida deberá seguir el mismo camino que la retirada de arribazón en el presente PGB, garantizando la trazabilidad de la misma en todo momento.

En el caso de recogidas específicas de biomasa, por ejemplo en el Puerto Deportivo, con motivo de la limpieza de embarcaciones, anclas y equipos, la misma deberá ser recogida y gestionada correctamente, prohibiéndose el vertido nuevamente al mar.

3.1.1. Cuándo es necesario realizar la retirada

En los siguientes casos se aconseja una retirada lo más temprana que sea posible de los arribazones de *R. okamurae* en Melilla:

- Cuando estén presentes en zonas de alto valor ecológico (áreas protegidas, por ejemplo) y supongan un riesgo para la conservación de los valores naturales de las mismas.
- Cuando presenten gran abundancia de biomasa en playas de gran afluencia en periodo de baño.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- Cuando dificulten el acceso a la zona de baño o pesca o a infraestructuras costeras.
- Cuando se encuentren en zonas expuestas donde existe un lavado frecuente del litoral que resuspenda rápidamente los arribazones.
- Cuando junto a los arribazones puedan observarse restos biológicos o químicos potencialmente tóxicos.
- Cuando los arribazones representen molestias (malos olores, presencia de insectos) o puedan ser tóxicos (emanación de gases tóxicos, por ejemplo, sulfhídrico) para la ciudadanía.
- Cuando impidan la gestión eficiente del litoral.
- Cuando supongan un impacto negativo sobre especies sensibles o protegidas, o sobre poblaciones singulares de determinadas especies, o cuando se encuentren en zonas de nidificación de aves.
- Cuando sean arribazones frescos y recientes con una elevada viabilidad potencial de los talos.
- Cuando se depositen de manera recurrente y abundante en determinadas zonas del litoral.

La retirada se hará a ser posible, en horario que no moleste o suponga un riesgo para los usuarios de las playas, y principalmente en los meses más cálidos, que coinciden con los de mayor producción de biomasa, invasividad reproductiva y llegadas de arribazón, a la vez que una mayor afluencia de usuarios a la playa.

3.1.2. Cuándo no es necesario realizar la retirada

Bajo las siguientes circunstancias puede renunciarse a realizar la retirada de las arribazones:

- En el caso de que se trate de pequeñas cantidades discontinuas de biomasa, que no estén emitiendo mal olor y que no impliquen acúmulos importantes en la línea de costa.
- Cuando los arribazones se encuentren fuera de zonas de baño y disfrute de la playa, o no críticas para la conservación de especies y espacios, y se encuentren en un estado de elevada descomposición que haga suponer la inviabilidad de los talos.
- Cuando estando en un estado inviable (elevada descomposición o muy secos) además, no supongan una molestia o riesgo para los usuarios de las playas.

3.1.3. Qué cantidad de arribazón debe ser retirada

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- Aquella necesaria para alcanzar el objetivo marcado (devolver el valor recreacional a la playa, reducir la presión de inóculo de *R. okamuræ* en la zona, minimizar el impacto a especies protegidas, etc).
- Aquella para la que se disponga una zona adecuada de acopio final, o en su defecto una zona de acopio intermedio adecuado previo a su transporte a la zona de acopio final.

3.1.4. Cómo realizar la retirada

En caso de que se decida retirar el arribazón, esto se podrá realizar de manera manual o mecánica, dependiendo del volumen a retirar, la accesibilidad de la ubicación, la sensibilidad de la playa o litoral a la erosión por retirada, la presencia de especies sensibles, la climatología, el grado de humectación del terreno y la disponibilidad de medios mecánicos y equipos. A ser posible siempre se ejecutará la acción menos agresiva para el litoral y los organismos que incluya. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que no es posible una retirada libre de arena, pero que se deberá minimizar ésta al máximo.

Se aconseja la retirada manual en los siguientes casos:

- Cuando las arribazones sean de poco volumen, continuo o discontinuo, y preferentemente estén secas o muy secas, pues así pesarán menos para su manejo. Esta retirada puede realizarse en presencia de usuarios de las playas, minimizando las molestias, pero ofreciendo explicación de la actuación si se solicita.
- Cuando el lugar de la arribazón sea de difícil acceso para realizarla con maquinaria.
- En playas de cantos rodados, o que tengan excesiva pendiente.
- Cuando el empleo de maquinaria no pueda garantizar el estado de conservación del sitio y sus especies, y/o comprometa la estabilidad de la playa.

Para la retirada manual se recomienda el empleo de rastrillos o tenedores especialmente diseñados con dientes hacia arriba para minimizar el impacto sobre el sustrato, pero cualquier otra herramienta que permita la retirada selectiva de la arribazón también es una opción. Se evitará la retirada de arenas o cantos, así como dañar la vegetación si la hubiere. La biomasa recogida se introducirá en sacos u otros elementos que permitan su manejo y transporte en la playa por parte de los operarios, que pueden ayudarse por ejemplo de carretillas.

Se aconseja la retirada mecánica en los siguientes casos:

- Cuando las circunstancias y los medios disponibles no permitan una retirada manual.
- En los casos de arribazones de gran volumen, y a ser posible, cuanto antes tras la deposición de la biomasa sobre la playa.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- En playas urbanas, donde se den las condiciones adecuadas para el uso de este tipo de maquinaria.

Para la retirada mecánica o mixta (manual y con maquinaria) se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El acceso a la playa se realizará por viales existentes. Las máquinas deben entrar y salir por sitios autorizados.
- Se debe minimizar las marcas de rodadura de las máquinas que entren en la playa, así como el número de giros y curvas a realizar, y a ser posible eliminar las marcas de rodadura al salir (por ejemplo, arrastrando un tablón con la máquina).
- En el caso de que la retirada se realice con el trabajo conjunto de un tractor con gancho y pala excavadora, en la playa no puede haber simultáneamente más de un tractor por excavadora. Ambas máquinas deben realizar los mismos itinerarios siempre. Lo mismo en caso de más de una máquina trabajando en la misma playa.
- Se deben emplear máquinas que ofrezcan una mínima presión sobre la arena, es decir con una huella ligera, sean de oruga o ruedas, pero evitándose las máquinas de cadenas. En el caso de emplearse máquinas con ruedas, siempre se deben emplear neumáticos deshinchados parcialmente.
- Se debe evitar la retirada mecánica en presencia de usuarios de la playa o pescadores, para garantizar su seguridad, y nunca en zonas de nidificación o en presencia de especies sensibles o protegidas, con especial cuidado en la desembocadura del Río de Oro.
- Con previsión de viento fuerte, se evitará este tipo de limpieza para reducir el transporte de talos por el viento y su devolución al agua.
- Se debe emplear maquinaria que minimice la retirada de arena o cantos de la playa, por ejemplo, mediante sistemas de cribado *in situ* y/o altamente selectivos para el alga.
- En caso de que se emplee maquinaria provista de palas o cucharas, éstas deberán estar perforadas en su base, en tal manera que permita la evacuación adecuada de agua y arena, que deberá ir siendo devuelta durante la retirada.
- La retirada debe ser lo menos agresiva posible para el sustrato de la playa o litoral, con especial cuidado de no hundirlos en el sustrato, favoreciendo con ello la erosión y la retirada de sustrato junto con la biomasa del alga. Si fuera necesario, y cuando el objetivo de la actuación es devolver el estado recreativo de la playa principalmente, en caso de no poder garantizar la integridad del sustrato, se podrá dejar una fina capa de alga.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- En playas con granulometría gruesa se tendrá especial cuidado de no arrastrar la capa de cantos y arenas, y en caso de que sea inevitable, éstos deberán ser separados posteriormente de los restos del alga, preferiblemente en la misma zona de recogida, para ser devueltos a su sitio de origen de manera redistribuida, y sin que sean tratados como desecho.
- Los equipos y medio empleados deberán ser lavados convenientemente y desprovistos de cualquier resto o propágulo de la especie previo a su desplazamiento a otros puntos de recolecta, si fuese necesario.

3.1.5. Dónde trasladar la biomasa retirada

La biomasa retirada, bien de manera manual o mecánica, podrá ser depositada de manera transitoria en otras zonas cercanas a su lugar de recogida, con el objetivo de que pierdan humedad y volumen y se facilite la gestión posterior de esa biomasa antes de ser llevada a su destino final, en este caso la Planta de Valorización Energética de REMESA.

Los puntos de acopio intermedios cercanos a la zona de recogida, siempre deben quedar lejos de la línea de agua, para evitar que la biomasa pueda ser devuelta al mar, y en una ubicación que no suponga molestias para los usuarios por olores, insectos, impacto visual o peligrosidad alguna. Se debe elegir una zona donde no se produzca impacto ambiental alguno. En este punto podrá dejarse dicha biomasa, a ser posible de manera esparcida para facilitar su secado, por lo que sería adecuado elegir un espacio amplio.

Esta zona, deberá ser precintada y señalizada debidamente. Con fines de sensibilización ambiental se debería poner algún cartel con información sobre la invasión de la especie y por qué está ahí esa biomasa, en caso de que sea una zona de paso. Este sitio debería estar cerca de una vía de acceso para el vehículo que la transportará hasta la zona final de acopio.

En la medida que se pueda, si el espacio disponible lo permite, no se deberían mezclar biomasa resultante de diferentes actuaciones de retirada, para mantener la trazabilidad de la misma y permitir optimizar el secado de las muestras.

En aquellas playas donde de manera frecuente se lleven a cabo labores de retirada de arribazón, se deben instalar paneles informativos sobre el alga invasora y las actividades de gestión de la misma, entre ellas la retirada de la biomasa de la playa y su destino final.

3.1.6. Quién es responsable de la retirada

Tal y como se indica en la Estrategia nacional, la recogida del material de arribazón depositado en el litoral solo deberá ser responsabilidad de la correspondiente administración competente en base a la legislación vigente, que en los casos de las playas y los lugares

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

públicos de baño es la administración municipal, en este caso la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, para lo que puede contratar los servicios necesarios. Esto es así dado la complejidad del proceso para garantizar la mínima erosión del litoral, la mínima perturbación a los usuarios y a las especies, y la nula devolución de material de *R. okamurae* al mar para así ejercer acción sobre su control poblacional. El alcance de esta responsabilidad debe incluir el proceso de retirada y sus consecuencias sobre el entorno, así como el mantenimiento de la correcta trazabilidad del proceso y la biomasa resultante dentro de la normativa vigente, incluida la relacionada con las especies invasoras. Para ello se podría implantar un sistema de control de las operaciones de limpieza.

La retirada, tanto manual como mecánica, debe ser llevada a cabo por operarios públicos o contratados, quienes deben haber recibido una formación específica para la tarea, pues de su pericia depende en buena parte la eficiencia de la acción (control poblacional de la especie y devolver el valor recreacional a la playa), así como la reducción en la erosión de la playa e impacto sobre las especies y comunidades. Las acciones formativas deben incluir contenidos relacionados con la invasión de la especie, su identificación, así como de las especies nidificantes de costa de la zona, además del propio manejo de la maquinaria, en su caso.

El personal debe disponer de los equipos de protección individual necesarios para garantizar su seguridad en todo momento, que incluya el equipamiento necesario para evitar el contacto prolongado de la biomasa del alga con la piel (empleo de guantes, ropa reflectante y calzado adecuado), así como la inhalación de posibles gases derivados de los procesos de descomposición química de la biomasa, como por ejemplo sulfhídrico, y cualquier otro que indique el servicio de prevención de riesgos laborales oportuno. Dado que aún no se dispone de información sobre la naturaleza química de las emanaciones gaseosas de las arribazones de *R. okamurae*, y de cara a la seguridad de los operarios y de los usuarios de las playas, de deben extremar las precauciones y estar atentos a cualquier síntoma asociado a intoxicación por inhalación, como hipoxia pulmonar, lesiones neurológicas y cardiovasculares, irritación de las vías respiratorias altas, dolor de cabeza, síndrome vestibular o pérdida de memoria. De igual manera, se prestará atención a cualquier indicio de intoxicación de organismos en la columna de agua, que puedan o no aparecer muertos o no en la playa.

3.1.7. Cómo realizar la trazabilidad de la retirada

Las actuaciones del PGB debe contar siempre con un seguimiento desde su inicio hasta el final, que garantice la trazabilidad de la biomasa gestionada y de todo el proceso en su conjunto. Para cada actuación de retirada de biomasa de *R. okamurae* se debe de poder disponer de una entrada de registro de una base de datos específica dentro del PGB, que ayudará a una mejor gestión técnica de esa biomasa, así como la evaluación de la gestión administrativa y económica de la actuación. Este seguimiento y registro de las diferentes

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

partes del proceso garantizan la trazabilidad, tanto de los recursos invertidos como de la biomasa retirada. Será responsable de dicha trazabilidad la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, si bien su ejecución podrán realizarla la empresa contratada para realizar la retirada, y que deberá coordinarse con las demás fases del PGB. Se deberá informar periódicamente (a determinar en cada contrato) sobre el resultado de la trazabilidad entregando la base de datos y un informe explicativo.

Para cada actuación se deberá llevar registro al menos de la siguiente información: fecha y hora inicial y final de la retirada, lugar, distancia lineal y superficie limpiada (coordenadas de inicio y final si fuera posible), distancia al mar, tipo de retirada (manual o mecánica), tipo de máquina, identificación de la máquina, operario, cantidad retirada, lugar de acopio en playa (coordenadas), identificación del lote retirado, observaciones (presencia de especies, viento, etc).

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

4. FASE DE TRANSPORTE Y ACOPIO DE LA BIOMASA.

Una vez retirada la biomasa de la arribazón, y trasladada a la zona de acopio intermedio en playa (contenedor), ésta debe ser transportada a la zona de acopio final que se decida.

4.1. Cuándo transportar la biomasa a la zona de acopio

La biomasa recogida y/o depositada en la zona de acopio intermedia en playa podrá ser llevada a la zona de acopio o destino final una vez haya disminuido su contenido hídrico y volumen, si fuera necesario, optimizando con ello su transporte a la zona de acopio final.

El transporte de esta biomasa será realizado por la empresa que se tenga contratada por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, y deberá hacerse de manera coordinada con los gestores de la zona de acopio final (REMESA), para garantizar su adecuada recepción y gestión. Además, se deberá respetar en la medida de lo posible la cadena temporal de depósito de la biomasa, para recoger siempre la biomasa que lleve más tiempo en el acopio intermedio, y por lo tanto más seca. Se deberán evitar el transporte en días de intenso viento o temporal, así como tras días de lluvia.

4.2. Cómo realizar el transporte

Se pueden emplear vehículos de carga como camiones con cubas ayudados para la recogida y carga de la biomasa al camión, intentando siempre optimizar los transportes con la mayor cantidad de biomasa posible. Durante el transporte la biomasa deberá ser cubierta con una lona para evitar su dispersión o malos olores. Durante el proceso de recogida y carga de la biomasa se deberán realizar el menor número de maniobras posible para producir el menor impacto posible en la zona.

4.3. Quién es el responsable del transporte

El transporte y acopio deben ser llevados a cabo por la empresa que se tenga contratada por parte de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, por operarios que deben haber recibido una formación específica para la tarea. Estos operarios deberán recoger la biomasa de la zona de acopio intermedio y transportarla hasta la zona de acopio final.

El personal debe disponer de los equipos de protección individual necesarios para garantizar su seguridad en todo momento, que incluya el equipamiento necesario para evitar el contacto prolongado de la biomasa con la piel (empleo de guantes, ropa reflectante y

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

calzado adecuado), así como la inhalación de posibles gases derivados de los procesos de descomposición química de la biomasa, como por ejemplo sulfhídrico, y cualquier otro que indique el servicio de prevención de riesgos laborales oportuno.

4.4. Dónde transportar y acopiar la biomasa

La biomasa recogida deberá ser llevada a la zona de acopio final, a una ubicación donde no sea posible su reintroducción al mar, y donde pueda ser acumulada sin dañar el estado de conservación del sitio, ni de ninguno cercano, ni producir riesgos sanitarios o molestias a la ciudadanía. Puede ser una planta de residuos, un vertedero o cualquier otra zona que tenga control y que pueda garantizar la trazabilidad de la biomasa gestionada.

Para reducir el coste del transporte, el acopio de esta biomasa retirada deberá hacerse en la medida de lo posible, en lugares cercanos a los sitios de recogida, pero siempre bajo la monitorización continua de su impacto (efectos sobre el suelo, emanación de gases, presencia de insectos, etc.).

4.6. Cómo realizar la trazabilidad del transporte

Al igual que con el procedimiento de retirada de biomasa de arribazón, cada actuación de retirada y transporte de dicha biomasa a la zona de acopio final deben contar con un seguimiento que garantice la trazabilidad de la biomasa gestionada. Este seguimiento deberá estar coordinado con la de la retirada de biomasa de la arribazón, para no perder la trazabilidad de la biomasa gestionada. Para ello se deberá crear un sistema de registro coordinado con el de la retirada o conjunto, pudiéndose recoger la siguiente información: biomasa en peso/volumen retirado, número de viajes realizados, destino, fecha, operario.

5. FASE DE ACOPIO Y GESTIÓN DE LA BIOMASA

La biomasa retirada y transportada a su destino final (REMESA), y su depósito y posterior gestión y uso, seguirá siendo responsabilidad de la administración, quien deberá garantizar el mantenimiento de la trazabilidad de dicha biomasa en todo momento.

5.1. Objetivo del acopio y la gestión de la biomasa

El acopio y gestión de la biomasa de *R. okamuræ* que llegue a la zona de acopio final serán las últimas acciones del PGB y sus objetivos son múltiples:

- Eliminar el potencial invasor de la especie, mediante un proceso de incineración donde se alcanzan temperaturas superiores a los 850°C.
- Eliminar la biomasa del mar y de la costa, así como evitar la posibilidad de que pueda ser devuelta al mar y facilitar la dispersión de la especie.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

- Permitir recuperar la arena y rocas recogidos durante el proceso de retirada, para que sea devuelta al sitio de donde se recogió de manera accidental.
- Tratar dicha biomasa para su destrucción.

5.2. Hasta cuándo acopiar

La biomasa depositada en la zona de acopio final no deberá permanecer allí mucho tiempo, por motivos de eficiencia de su gestión, optimización de los recursos técnicos, económicos y humanos, y de espacio del servicio. Tendrá que coordinarse de manera anticipada con los servicios de retirada y transporte de la biomasa desde la playa para poder recepcionar dicha biomasa y gestionarla de manera eficiente.

A esto hay que sumar que la permanencia prolongada de la biomasa, aún húmeda, y en descomposición, puede favorecer procesos químicos que eleven la temperatura de dicha biomasa, y que pueden suponer un riesgo por emanación de gases o combustión. Se podría establecer el tiempo máximo de permanencia de la biomasa hasta su destrucción, pero atendiendo sólo a razones de optimización del servicio y minimización de los impactos.

5.3. Cuánta biomasa acopiar

Se acopiará cuánta biomasa sea capaz el servicio gestión de residuos (REMESA) de gestionar, garantizando la seguridad para los trabajadores, el entorno y los ciudadanos, así como la trazabilidad del proceso. Esta cantidad, que podrá medirse en volumen de biomasa, peso y/o superficie cubierta por la biomasa, deberá determinarse para cada zona de acopio. Esta información deberá ser compartida con los responsables de la retirada y transporte de la biomasa para una coordinación eficiente dentro del PGB que permita alcanzar los objetivos del mismo.

5.4. Quién es el responsable del acopio y la gestión de la biomasa

La responsabilidad del acopio de la biomasa retirada, independientemente de quien a nivel técnico lo realice, es de la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, si bien la responsable de la ejecución será la empresa responsable de los residuos (REMESA), o cualquier otra designada para esta función específica.

5.5. Fases de la gestión de la biomasa acopiada

El proceso de gestión deberá ser registrado con objeto de mantener la correspondiente cadena de trazabilidad. La administración competente será la responsable

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

de mantener dicha trazabilidad si bien como en el caso de la retirada será la empresa contratada la que ejecute la trazabilidad y mantenga la base de datos.

La gestión de la biomasa final incluye los siguientes procesos:

- Desarenado y lavado de la biomasa (dependerá de la cantidad de arena que tenga)
- Secado de la biomasa (si se realiza proceso de decantación)
- Destrucción de la biomasa
- Trazabilidad de la biomasa

5.6. Objetivo del desarenado y lavado de la biomasa y cómo hacerlos

En el caso de la biomasa recogida de arribazones, independientemente del fin que vaya a tener la biomasa, destrucción o valorización, ésta deberá sufrir un tratamiento de desarenado para recuperar la arena que accidentalmente se haya recogido en la retirada de la biomasa de la playa. Este proceso se realizará dependiendo de la cantidad de arena que lleve la biomasa retirada, puesto que se deberá favorecer siempre la recuperación de la arena en el acopio intermedio más que en final.

Para el desarenado, la biomasa podrá ser volcada en una zona de cribado o cernidera, para que a medida que se manipula, se vaya separando de la arena. Se sugiere ayudarse de un proceso de decantación.

La arena recuperada deberá ser devuelta a la zona de donde se sacó, ayudándose para ésto del registro de trazabilidad. Hay que tener en cuenta que la recuperación total de la arena no será posible (el contenido residual de arena podrá ser no más de un 5%).

El lavado de la biomasa con agua dulce no sólo facilitará el cribado de la arena, sino también la inactivación de los talos que pudieran aún quedar viables y la eliminación de buena parte de la sal presente, por si pudiera afectar al proceso de gestión final de la biomasa.

5.7. Objetivo del secado de la biomasa y cómo hacerlo

Una vez recuperada la arena, la biomasa mojada resultante del proceso de desarenado y lavado, podrá ser secada para reducir su contenido en agua y volumen, y con ello facilitar su posterior destrucción, desactivación y/o gestión para valorización.

El secado se podrá llevar a cabo extendiendo la biomasa al aire libre en fina capa, o en capas más gruesas que deberían ser removidas para facilitar su secado. Como referencia se puede tener el dato facilitado por el Gobierno de Canarias en su estudio sobre el aprovechamiento de arribazones naturales, en el que se indica que el secado de una tonelada de peso fresco de alga requiere de 60-80m² de superficie de secadero y entre 48-

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

72h dependiendo de las condiciones ambientales, obteniéndose un contenido residual en humedad inferior al 14%.

5.8. Cómo destruir la biomasa

En general se debe de considerar las cantidades de alga retiradas de las playas como residuos, por tanto, cualquier operación de gestión (almacenamiento, secado, endulzado, ...étc) debe de realizarse por un gestor de residuos. La retirada de estos materiales de las playas se hará en el marco de la gestión de residuos municipales. En el caso de cantidades de alga recepcionadas en el puerto, serán considerados así mismo como residuos, si bien en ese caso se gestionarán en el marco de la gestión de los residuos portuarios de estas instalaciones en concreto.

La biomasa una vez secada podrá ser destruida por incineración, enterramiento en zona donde no produzca impacto, o cualquier otro proceso de gestión de residuo que no tenga una finalidad de valorización. En caso de incineración, esta se realizará en la Planta de Valorización con recuperación energética de REMESA, con el fin de producir energía con los residuos de biomasa, energía que será utilizada en la planta o bien vertida a la red. Esto conlleva dos beneficios, por un lado, la eliminación de la biomasa de *R. okamuræ*, y por otro la reducción de costes de energía por parte de la administración.

Durante el proceso de combustión en el horno se alcanzan temperaturas de los gases superiores a los 850°C, con lo que se asegura la eliminación total del potencial invasor de la especie.

Inicialmente se realizaron una serie de ensayos preliminares, con el fin de conocer el PCI de las algas, obteniendo los siguientes resultados:

	Muestra lavada	Muestra sin lavar
Humedad relativa (%)	50,96	33,37
Densidad aparente (tn/m3)	0,843	0,905
contenido sólidos en suspensión (%)	30,42	38,87
Sólidos disueltos (mg/Kg)	5,27	7,87
Sólidos disueltos (%)	0,53	0,79
Poder calorífico (Kcal/kg)	1564,3	1820,19

Tabla 2. Resultados análisis de algas. Comparación de algas prelavadas y sin lavar. Elaboración propia con datos aportados por Residuos Melilla S.A.

Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza
Dirección General de Sostenibilidad

Antes de los ensayos se suponía que el PCI (poder calorífico) disminuirá a medida que aumente la humedad y el contenido de inertes, principalmente el contenido de arena que se arrastra durante la retirada mecanizada.

De estos resultados recogidos por Residuos Melilla S.A., se desprende que los residuos de arribazones presentan características aptas para su valorización energética, siendo el valor estimado de PCI en las algas sin lavar similar al de un residuo domiciliario.

5.9. Cómo mantener la trazabilidad

Desde que la biomasa es ingresada en la zona de acopio, debe mantener la cadena de trazabilidad anterior siendo responsabilidad la Consejería de Medio Ambiente y Naturaleza, si bien su ejecución podrán realizarla la empresa contratada para realizar la retirada, y que deberá coordinarse con las demás fases del PGB. Se deberá informar periódicamente (a determinar en cada contrato) sobre el resultado de la trazabilidad entregando la base de datos y un informe explicativo.

El Plan es un documento abierto y flexible, sujeto a aquellas modificaciones que correspondan con la aparición de elementos relacionados con la aplicación de las mejores técnicas disponibles, nuevos criterios o modificaciones normativas.

6. BIBLIOGRAFÍA PARA CONSULTA

MITECO. 2022. Estrategia de control del alga *Rugulopteryx okamurae* en España. 93pp.

Gobierno de Canarias. Aprovechamiento de arribazones naturales y residuos vegetales de jardinería. 20pp.

Guillén, J.E., Martínez, J, Soler, G. 2014. Ventajas del uso de arribazones de *Posidonia oceanica*. 51pp.

Guillén, J., Martínez-Vidal, J., Triviño, A., Soler, G., Fages, E., Torre, L. et al. 2014. Guía de buenas prácticas para la gestión, recogida y tratamiento de los arribazones de algas y plantas marinas en las costas. Proyecto Seamatter LIFE11 ENV/ES/000600. Ed. Instituto de Ecología Litoral, El Campillo, 24pp.

Conselleria de Medi Ambient i Territori. 2020. Petita guia per retirar *Posidonia oceanica* a les platges. 28pp.