



Junta de Andalucía

Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente

# PLAN DE GESTIÓN FRENTE AL ALGA *RUGULOPTERYX OKAMURAE* EN LA COSTA ANDALUZA

JULIO 2025





## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	6
BLOQUE NORMATIVO.....	8
BLOQUE ADMINISTRATIVO.....	13
BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y DINÁMICA POBLACIONAL.....	16
RUGULOPTERYX OKAMURAE EN ANDALUCÍA.....	20
SITUACIÓN ACTUAL.....	20
ANÁLISIS DAFO-CAME.....	30
BLOQUE EJECUTIVO. PLAN DE ACCIÓN.....	36
PRINCIPIOS DEL PLAN DE ACCIÓN.....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura nº 1. Año de primera detección con asentamiento de la especie en el litoral andaluz en base a las observaciones del Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino. En blanco las observaciones corresponden a ausencia de la especie en localidades donde se ha realizado búsqueda.....</i>	21
<i>Figura nº2. Distribución de Rugulopteryx okamurae en Andalucía, actualizado a junio de 2025 (datos de observaciones registradas por el Equipo de Medio Marino. Junta de Andalucía).....</i>	23
Figura nº 3. Ocupación de medio bentónico y pelágico de Rugulopteryx okamurae.....	24
Figura nº 4. Medio bentónico previo a la invasión de Rugulopteryx okamurae.....	25



<i>Figura nº 5. Modelo de favorabilidad ambiental para Rugulopteryx okamurae en el Mediterráneo, costas de Europa occidental y norte de África.....</i>	<i>27</i>
Figura 6. Cobertura media de Rugulopteryx okamurae según la profundidad, en las localidades del Parque Natural del Estrecho donde se ha realizado el seguimiento.....	28
Figura nº 7. Diagrama Análisis DAFO y Estrategias CAME.....	34
<i>Figura nº 8. Abundancia de la especie asentada en el sustrato hasta mayo de 2025 en base a las observaciones del Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino. En blanco las observaciones corresponden a ausencia de la especie en localidades donde se ha realizado búsqueda.....</i>	<i>39</i>
Figura nº 9. Visor litoral de la REDIAM.....	40



## **EL PRESENTE DOCUMENTO SE ESTRUCTURA EN LOS BLOQUES QUE SE DESCRIBEN A CONTINUACIÓN:**

### **INTRODUCCIÓN**

Encuadra el marco global de los aspectos generales del Plan de Gestión frente a la invasión del alga exótica *Rugulopteryx okamurae* *en la costa andaluza* (en adelante Plan de Gestión); en concreto, su justificación, los objetivos, el ámbito de aplicación y el seguimiento del mismo.

### **BLOQUE NORMATIVO**

Recoge un resumen sobre el marco legal y la normativa de referencia en los que debe desarrollarse el Plan de Gestión. También recoge las herramientas normativas disponibles en el contexto europeo, en relación al manejo y gestión de las especies exóticas invasoras.

### **BLOQUE ADMINISTRATIVO**

Recoge un resumen analítico de las referencias a *Rugulopteryx okamurae* (*Rugulopteryx*) incluidas en otros documentos de planificación. Los documentos analizados con este fin son:

- La Estrategia de control del alga *Rugulopteryx* en España.
- El Programa de gestión de vías de introducción de especies invasoras.
- Guía para la elaboración de los Planes de Gestión de Biomasa del alga *Rugulopteryx okamurae* por parte de las comunidades autónomas y ciudades autónomas

### **BLOQUE DESCRIPTIVO**

En la primera parte de este Bloque se recoge un resumen de los aspectos esenciales necesarios para la comprensión de la biología de *Rugulopteryx* sobre los que se fundamenta la ecología de esta especie invasora, así como los impactos que está generando.

En la segunda parte del Bloque se hace un breve análisis de la situación actual de la especie en Andalucía, tanto en el ámbito de la distribución de las poblaciones, como en el de las líneas de investigación puestas en marcha.



### **BLOQUE DE ANÁLISIS - DAFO/CAME**

Mediante el análisis DAFO evaluamos los factores o elementos que definen el marco contextual en el que va a desarrollarse el presente Plan de Gestión, agrupando estos elementos en las cuatro categorías; en base a los elementos internos (fortalezas y debilidades) y a los elementos externos (oportunidades y amenazas).

En el apartado de ANÁLISIS CAME se establecen las estrategias prioritarias que para establecer el Plan de Acción incluido en el presente Plan de Gestión. Dichas acciones serán planificadas y detalladas en el Bloque - Plan de Acción.

### **BLOQUE EJECUTIVO. PLAN DE ACCIÓN**

Estructura las 4 líneas estratégicas sobre las que se orienta el plan de acción. Estas líneas estratégicas son:

- L.E.1. Investigación, Innovación y Desarrollo.
- L.E.2. Vigilancia, Seguimiento y Actualización de la Invasión.
- L.E.3. Comunicación, Sensibilización, Educación y Formación.
- L.E.4. Protocolos de gestión de la Biomasa.

### **ANEXOS**

En los distintos anexos se recogen y desarrollan los detalles de aspectos concretos relacionados con las distintas herramientas, metodologías y protocolos propuestos.



## INTRODUCCIÓN

### JUSTIFICACIÓN

La *Rugulopteryx* es una especie exótica invasora ampliamente propagada en el litoral andaluz, habida cuenta que su población ha sobrepasado la fase de naturalización, mantiene una población auto sostenida y se propaga en gran diversidad de los sustratos del litoral.

El presente Plan de Gestión pretende dar cumplimiento, a la normativa vigente sobre especies exóticas invasoras respecto de las medidas de control y actuaciones autorizadas con relación a esta especie. Todo ello en virtud de las competencias por el Decreto 170/2024, de 26 de agosto, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, que establece las siguientes competencias:

- “Artículo 6.4. Secretaría General de Medio Ambiente y Cambio Climático. (...)

g) Mejorar la gestión del espacio en el mar, mediante el fomento y la coordinación del diálogo de los usuarios del mar, las partes interesadas y los científicos en materia relacionadas con los océanos, mares y litoral, estimulando y promoviendo el intercambio cooperativo de ideas para el uso sostenible del medio marino (...)

i) La organización, gestión, estructuración y funcionamiento de la Red de Información Ambiental (REDIAM), para la integración y difusión de toda la información alfanumérica, gráfica o de cualquier otro tipo sobre el medio ambiente en Andalucía, generada por todo tipo de centros productores de información ambiental en la Comunidad Autónoma, para ser utilizada en la gestión, la investigación, la difusión pública y la toma de decisiones, así como el establecimiento de las líneas de actuación de la Consejería en materia de producción de información estadística y cartográfica.

j) La programación, promoción y fomento de actividades de educación, formación y sensibilización ambiental.

- Artículo 8. Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad. (...)

g) El seguimiento, protección y conservación de la geodiversidad y biodiversidad, así como las actuaciones que promuevan la conectividad ecológica, la gestión y regulación de su aprovechamiento sostenible tanto en propiedades públicas como privadas y el régimen de autorizaciones para la manipulación de las especies de fauna, flora y hongos silvestres. (..)

i) La gestión de las actuaciones para la preservación de la biodiversidad marina. (...)

Por otro lado, el presente Plan de Gestión pretende dar respuesta a la necesidad de elaborar un Plan de Gestión de la Biomasa, en el contexto de la Estrategia nacional de la *Rugulopteryx*, como se describirá más adelante.



## **OBJETIVOS**

El presente Plan de Gestión pretende establecer medidas eficaces de gestión de la especie *Rugulopteryx* de modo que se reduzcan al máximo sus efectos negativos sobre la biodiversidad y los servicios asociados de los ecosistemas.

Los objetivos generales de este Plan de Gestión son:

- Garantizar una atención permanente a la evolución de la especie en el litoral andaluz, mediante su monitorización, seguimiento y cartografiado actualizado de las poblaciones de *Rugulopteryx*, y de los acúmulos de su biomasa en la franja litoral y costera.
- Potenciar y apoyar las líneas de investigación activas en Andalucía, que permitan mejorar el conocimiento de la especie.
- Controlar y mitigar la afectación de *Rugulopteryx* sobre la biodiversidad marina y litoral en la costa andaluza, así como sobre los servicios asociados de los ecosistemas, y en particular sobre las especies autóctonas, los espacios protegidos y los hábitats amenazados derivados de dichas actuaciones.
- Establecer y detallar las recomendaciones, los procedimientos y requisitos a cumplir por las entidades ejecutoras para la retirada, manejo e inactivación de la biomasa de *Rugulopteryx* y los propágulos contenidos en ella.
- Facilitar la valorización de los restos inactivados de *Rugulopteryx*, como medida de apoyo a la mitigación de los impactos que produce la especie en los sectores afectados

## **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El ámbito del presente Plan de Gestión abarca la totalidad del área de distribución actual del alga invasora *Rugulopteryx* en el litoral andaluz, así como aquellas áreas potenciales aun no colonizadas por esta especie, consideradas necesarias para cumplir con los objetivos de seguimiento y detección precoz establecidos por este Plan.



## BLOQUE NORMATIVO

### ANTECEDENTES

La expansión de esta especie, junto a la evidencia que, al menos a medio plazo no es posible su erradicación ni que los sistemas naturales invadidos vuelvan al estado anterior a su presencia, justifica que la especie *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim 2009 fuese incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras en 2020, el cual se encuentra regulado, a través del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

La Orden TED/1126/2020, de 20 de noviembre, por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y el Anexo del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (BOE núm. 314, de 1 de diciembre de 2020); es la disposición de carácter general, que hace referencia específica a la inclusión de esta especie en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Asimismo, fue catalogada como especie exótica invasora preocupante para la Unión por el Reglamento de ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión de 2 de julio de 2022 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1141 con el fin de actualizar este listado.

Por su parte, el artículo 64 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, establece que “El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente aprobará las estrategias para las especies exóticas invasoras marinas”.

Mediante Resolución de 5 de agosto de 2022, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente se aprueba la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx* en España mediante Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, que establece, entre otros que “(...) las comunidades y ciudades autónomas, a través de los departamentos con competencia en conservación de biodiversidad y en colaboración con otras autoridades administrativas implicadas, desarrollarán Planes de gestión de biomasa de *R. okamurae*, que integren tanto la biomasa derivada de los arribazones como aquella capturada de manera accidental como consecuencia de la actividad pesquera (...)”

El presente Plan de Gestión frente a la invasión del alga exótica *Rugulopteryx* en la costa andaluza se redacta con objeto de dar cumplimiento a la normativa vigente respecto de las especies exóticas invasoras, así como a la citada Estrategia de control del alga *Rugulopteryx* en España, y teniendo en cuenta el documento de guía para la elaboración de los Planes de Gestión de Biomasa del alga *Rugulopteryx okamurae* por parte de las comunidades autónomas y ciudades autónomas, elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, cuyo objetivo es facilitar a las administraciones competentes el diseño e implementación de planes de gestión eficaces para la retirada, tratamiento y posible valorización de la biomasa del alga, de acuerdo con la normativa vigente y los principios de sostenibilidad ambiental.



## **NORMATIVA DE REFERENCIA**

El Plan de Gestión está enmarcado en el siguiente marco jurídico:

### **NORMATIVA COMUNITARIA.**

- Reglamento (UE) n.º 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras (DOUE núm. 317/35 de 04/11/2014).

En dicho Reglamento se establecen restricciones en relación a la tenencia y manejo de estas especies en su Artículo 7, exceptuando el “transporte de especies hasta instalaciones en el contexto de la erradicación”. Así mismo, en el Artículo 8 se establecen excepciones a dichas restricciones, de forma que se pueden conceder permisos para “investigaciones o conservación ex situ [...] cuando el uso de productos derivados de la especie sea imprescindible para lograr avances en materia de salud humana, producción con fines científicos o medicinales”. En relación con dichos permisos, las autoridades competentes podrán emitir dichos “permisos para actividades a realizar en espacios contenidos”, cumpliendo con todas las condiciones indicadas en dicho artículo, entre las que se menciona que el transporte de la especie se lleve a cabo de forma que se evite el riesgo de escape de la especie.

En el Artículo 9 se establecen las autorizaciones “por motivos imperiosos de interés público, incluidos los de naturaleza social o económica [...] para facultar a los establecimientos, previa autorización de la Comisión [...] para realizar actividades distintas de las previstas en el artículo 8”.

Las autoridades competentes podrán expedir estas autorizaciones, que se referirá a un establecimiento determinado, previa autorización de la Comisión con arreglo al procedimiento establecido en dicho artículo y en las condiciones señaladas en el Artículo 8, apartados 2 y 3.

- Reglamento de Ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión, de 12 de julio de 2022, por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1141 con el fin de actualizar la Lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión.
- Reglamento de Ejecución (UE) 2016/145 de la Comisión de 4 de febrero de 2016, por el que se adopta el formato del documento que ha de servir de prueba para el permiso expedido por las autoridades competentes de los Estados miembros que permita a los establecimientos llevar a cabo ciertas actividades sobre las especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión de conformidad con el Reglamento (UE) n.º 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo.

### **NORMATIVA ESTATAL.**

- La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en su artículo 6 establece que:



“(..). 4. Corresponde a las comunidades autónomas el ejercicio de las funciones a las que se refiere esta ley con respecto a especies (excepto las altamente migratorias) y espacios, hábitats o áreas críticas situados en el medio marino, cuando exista continuidad ecológica del ecosistema marino con el espacio natural terrestre objeto de protección, avalada por la mejor evidencia científica existente.

5. El ejercicio de las funciones mencionadas en el presente artículo se ejercerá por la Administración competente de acuerdo con los principios de cooperación y colaboración interadministrativa”.

- Ley 33/2015 de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

En su artículo. 64.3 recoge: “La inclusión en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras conlleva la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos, de sus restos o propágulos que pudieran sobrevivir o reproducirse, incluyendo el comercio exterior. Esta prohibición podrá quedar sin efecto, previa autorización administrativa de la autoridad competente, cuando sea necesario por razones de investigación, salud o seguridad de las personas, o con fines de control o erradicación, en el marco de estrategias, planes y campañas que, a tal efecto, se aprueben.”

Igualmente, su artículo 64.5 señala el carácter orientativo de las directrices contenidas en dichas estrategias para las especies del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Y en el artículo 64.6 señala que “Las comunidades autónomas, en sus respectivos ámbitos territoriales, podrán establecer Catálogos de Especies Exóticas Invasoras, determinando las prohibiciones y actuaciones suplementarias que se consideren necesarias para su erradicación.”

- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

Recoge en su artículo 10.1 que “Las administraciones competentes adoptarán, en su caso, las medidas de gestión, control y posible erradicación de las especies incluidas en el catálogo. En el marco de estrategias, planes y campañas de control y erradicación, las administraciones competentes podrán autorizar la posesión y el transporte temporales de ejemplares de estas especies hasta el lugar de su eliminación del medio natural, proceso que habrá de realizarse en el menor plazo posible y de acuerdo con la legislación sectorial sobre esta materia.”

Según el artículo 8 del citado Real Decreto, las comunidades autónomas en el marco de sus competencias realizarán el seguimiento general de las especies exóticas con potencial invasor, tal y como determina el artículo 64.6 de la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Para ello, establecerán una relación indicativa en la que se incluyan las especies exóticas para las que, por sus especiales circunstancias, sea aconsejable mantener un mayor nivel de control y vigilancia, con el fin de proponer, llegado el caso, su inclusión en el catálogo.

- Orden TED/1126/2020, de 20 de noviembre, por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del



Catálogo Español de Especies Amenazadas, y el Anexo del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula este Catálogo.

Recoge en su artículo segundo la modificación del anexo del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, que regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, haciendo mención expresa a la inclusión del alga *Rugulopteryx* en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

### **NORMATIVA AUTONÓMICA.**

- Estatuto de Autonomía para Andalucía.  
En su artículo 57.1 atribuye a la Comunidad Autónoma la competencia exclusiva en materia de medio ambiente, en el marco de la regulación general del Estado, sin perjuicio de la facultad de establecer normas adicionales de protección; y en su artículo 195 sobre Conservación de la Biodiversidad expone que “Los poderes públicos orientarán sus políticas a la protección del medio ambiente, la conservación de la biodiversidad, así como de la riqueza y variedad paisajística de Andalucía, para el disfrute de todos los andaluces y andaluzas y su legado a las generaciones venideras.”
- Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la Flora y la Fauna Silvestres (BOJA núm. 218, de 12 de noviembre de 2003).
- Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats (BOJA núm. 60 de 27/03/2012); en sus artículos del 12 al 15 y 53 .

### **PRINCIPALES IDEAS DEL ANÁLISIS NORMATIVO**

- El reglamento europeo establece restricciones en relación con la tenencia y manejo de estas especies, exceptuando el “transporte de especies hasta instalaciones en el contexto de la erradicación”.
- Corresponde a la comunidad autónoma de Andalucía el ejercicio de las funciones a las que se refiere la ley 42/2007, de 13 de diciembre, con respecto a *Rugulopteryx* (...) en el medio marino, sólo cuando exista continuidad ecológica del ecosistema marino con el espacio natural terrestre objeto de protección, y que dicha continuidad este avalada por la mejor evidencia científica existente, sin perjuicio de las competencias de la comunidad autónoma del litoral.
- La inclusión en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras conlleva la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos, de sus restos o propágulos que pudieran sobrevivir o reproducirse, incluyendo el comercio exterior. “Esta prohibición podrá quedar sin efecto, previa autorización administrativa de la autoridad competente, cuando sea necesario por razones de investigación, salud o seguridad de las personas, o con fines de control o erradicación, en el marco de estrategias, planes y campañas que, a tal efecto, se aprueben”<sup>1</sup>
- “Las comunidades autónomas, en sus respectivos ámbitos territoriales, podrán establecer Catálogos de Especies Exóticas Invasoras, determinando las prohibiciones y actuaciones suplementarias que se consideren necesarias para su erradicación”, estableciendo por otro lado “el carácter orientativo de las direc-

<sup>1</sup> Art. 7.1 del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.



trices y estratégicas de ámbito nacional”. “Las comunidades autónomas en el marco de sus competencias, realizarán el seguimiento general de las especies exóticas con potencial invasor”.



## BLOQUE ADMINISTRATIVO

### **LA ESTRATEGIA DE CONTROL DEL ALGA RUGULOPTERYX OKAMURAE EN ESPAÑA**

Mediante Resolución de 5 de agosto de 2022, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, se publica mediante Acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, la aprobación de la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx Okamurae* en España (Estrategia nacional), la cual tiene un carácter orientativo en su contenido, como se indica en el propio preámbulo de dicha resolución, y se recoge en el artículo 64.7 de la Ley 42/2007.

#### **OBJETIVOS GENERALES DE LA ESTRATEGIA NACIONAL**

- Prevención de nuevas introducciones y translocaciones.
- Gestión y control de las poblaciones existentes.
- Coordinación entre los diferentes agentes responsables de la gestión.
- Seguimiento y evaluación de la aplicación de esta Estrategia.

#### **PRINCIPALES IDEAS DEL ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA**

- En la Estrategia nacional se establece, que atendiendo a la elevada capacidad de propagación vegetativa (propágulos) y de multiplicación asexual (monosporas) de la especie a lo largo del año, que a su vez se ve incrementada por la ruptura del talo y ciertas condiciones ambientales, la recolección de *Rugulopteryx* de poblaciones naturales o de material desprendido en la columna de agua o en la zona bentónica, no se permite para los supuestos de usos incluidos en los artículos 8 (permisos) y 9 (autorizaciones) del Reglamento 1143/2014 y 2016/145, y que afectan a la aplicación del artículo 19 (medidas de gestión) de dicho Reglamento.
- La Estrategia nacional establece que la recogida de material de arribazón depositado en el litoral solo deberá ser responsabilidad de la administración competente en el contexto de los 'Planes de Gestión de biomasa de *Rugulopteryx okamurae*', con la única finalidad de mantenimiento de los servicios recreacionales de las playas, del buen estado ecológico del litoral y el control poblacional de la especie. No obstante, hay que tener en cuenta que puede haber situaciones en las que el aprovechamiento económico de la biomasa puede contribuir al control de esta especie, aumentando la retirada de restos del medio natural; como la extracción en periodos en los que no existe un uso de baño de las playas, o como suplemento a los recursos de los ayuntamientos para la retirada de grandes volúmenes de arribazones. Además, pueden existir actividades de valorización que no son viables a partir del uso de los restos obtenidos de la limpieza de las playas, por su estado o mezcla con otros componentes o especies, como por ejemplo el elevado contenido de arena para la fabricación de abono o compost.



- La Estrategia nacional, contempla la posible valorización de la especie; si bien indica que la valorización de la biomasa de *Rugulopteryx* no es entendida como una parte de su estrategia de control, ya que no reduce el área de distribución, no limita su abundancia y densidad o no impide su dispersión. Así mismo, también se indica que, una vez inactivados, los restos vegetales pueden ser valorizados por el procedimiento que se determine, ya que dicho producto no provoca efectos adversos sobre la biodiversidad.
- Corresponde a la Comunidades Autónomas el desarrollo de Planes de gestión de biomasa de *R. okamurae*.
- En el ámbito de la Estrategia Nacional se contempla la autorización del uso de la biomasa de *R. okamurae* en los supuestos de los Artículos 8 y 9 del Reglamento 1143/2014, solicitando los permisos y autorizaciones indicados en cada uno de ellos para el uso correspondiente.
- Según la Guía para la elaboración de los Planes de Gestión de Biomasa del alga *Rugulopteryx okamurae* por parte de las comunidades autónomas y ciudades autónomas, en caso de que existiera interés en la valorización de la biomasa, deberá ser sometida a un tratamiento de inactivación de los talos. Con ello, la biomasa dejaría de ser considerada una especie exótica invasora, y por lo tanto podría ser objeto de valorización. La inactivación de los talos se podrá alcanzar mediante tratamientos químicos o físicos, como puede ser las exposiciones prolongadas a altas temperatura, alta irradiancia solar, cambios de pH o salinidad, o exposición a tóxicos como sulfato de cobre o lejía. Sólo en las excepciones que recoge la normativa de especies invasoras, se podrá retirar o hacer uso de la biomasa en acopio, que no haya sido sometida a estos procesos de desactivación previo, al considerarse que aún es especie invasora.

## **PLAN DE ACCIÓN SOBRE LAS VÍAS DE INTRODUCCIÓN Y PROPAGACIÓN DE LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN ESPAÑA**

Con el visto bueno de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad el 1 de julio de 2021 y elaborado por un grupo de trabajo coordinado desde la Subdirección General de Biodiversidad Terrestre y Marina de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se lleva a cabo un Plan de Acción sobre las vías de introducción y propagación de las especies exóticas invasoras en España, que realiza un análisis de las vías de introducción y propagación de las especies exóticas invasoras (EEI) según se establece en el artículo 13 de Reglamento (UE) nº 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo.

El presente Plan de Gestión está alineado del siguiente modo con el citado Plan de acción sobre las vías de introducción y propagación de las especies exóticas invasoras en España (2021)<sup>2</sup>:

L.E 1. Investigación, Innovación y Desarrollo. Esta línea estratégica está alineada con las siguientes acciones del citado Plan de Acción:

- Cartografía de las áreas de introducción y propagación (ME4.2.).
- Desarrollo y difusión de técnicas para mejorar la resistencia de los ecosistemas degradados al asentamiento de especies exóticas invasoras (ME4.3.).

<sup>2</sup> Se mantiene la nomenclatura establecida en el documento *Plan de Acción sobre las vías de introducción y propagación de las especies exóticas invasoras en España (2021)*.



L.E.3. Comunicación, Sensibilización, Educación y Formación. Esta línea estratégica está relacionada con las siguientes acciones del Plan de Acción estatal:

- Información sobre la correcta gestión de residuos de especies exóticas invasoras (ME1.2.).
- Información sobre las medidas de control en puertos y zonas aeroportuarias (ME1.5.).
- Difusión de buenas prácticas en ecosistemas acuáticos (ME1.6.).
- Difusión de medidas de control para incrustaciones y aguas de lastre en aguas navegables marinas y continentales (ME1.7.).

L.E. 4. Protocolos de gestión de la Biomasa. Esta línea estratégica está alineada con:

- Asignación de responsabilidades a los particulares y empresas sobre la gestión de especies exóticas invasoras (ME2.1.).



## BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y DINÁMICA POBLACIONAL

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las especies exóticas invasoras constituyen una de las principales causas de pérdida de valor en los servicios ecosistémicos en el mundo, entre éstos figura la pérdida de la biodiversidad autóctona que da soporte a muchas de las actividades humanas. El número de especies marinas invasoras ha aumentado considerablemente en las últimas décadas; es el caso de *Rugulopteryx*, conocida como alga asiática, que está provocando enormes cambios en los ecosistemas; y cuya irrupción y extensión en el litoral andaluz no sólo tiene un gran impacto negativo sobre la biodiversidad de las áreas afectadas, sino también sobre las actividades económicas como las pesquerías o el turismo.

La excesiva expansión de esta especie, junto a la evidencia que, al menos a medio plazo no es posible su erradicación o que los sistemas naturales vuelvan al estado anterior a su presencia, justifica que la especie *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim 2009 ha sido incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras a través de la Orden TED/1126/2020, de 20 de noviembre, por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, y el Anexo del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (BOE núm. 314, de 1 de diciembre de 2020).

Por último, fue catalogada como especie exótica invasora preocupante para la Unión por el Reglamento de ejecución (UE) 2022/1203 de la Comisión de 2 de julio de 2022 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2016/1141 con el fin de actualizar la lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión.

El presente Plan de Gestión persigue la adopción de una serie de medidas para contribuir a reducir en lo posible los efectos negativos de *Rugulopteryx* sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en Andalucía; que entre otras, podría estar afectando con diferentes intensidades a especies y habitats relevantes, recogidas en el *Plan de Recuperación y Conservación de Invertebrados Amenazados y Fanerógamas Marinas*, aprobado por Acuerdo de 7 de noviembre de 2017, del Consejo de Gobierno.

La gestión de las especies exóticas invasoras en el medio marino depende de factores diversos a la hora de considerar las medidas a adoptar. A los aspectos biológicos relacionados con la capacidad de reproducción asexual mediante propágulos o la presencia de sustancias químicas antipredación, se unen otros como la conectividad intrínseca del medio marino, el control efectivo de las vías de entrada y el marco jurídico aplicable.



## TAXONOMÍA

*Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim 2009 Clasificación (Guiry & Guiry, 2019):

- Reino: Cromista *Phylum: Ochrophyta* . Clase: *Phaeophyceae*. Subclase: *Dictyotophycidae* . Orden: *Dictyotales*. Familia: *Dictyotaceae*
- Basiónimo: *Dilophus okamurae* E.Y. Dawson 1950
- Tipo: *Rugulopteryx radicans* (Harvey) De Clerck & Coppejans.
- Sinónimos: *Dictyota marginata* Okamura 1913; *Dilophus marginatus* (Okamura) Okamura 1915; *Dictyota okamurae* (E.Y. Dawson) Hörning, Schnetter & Prud'homme 1992

*Rugulopteryx* es una especie perenne con talos de hasta 15 cm de altura, de morfología plana, acintada y ramificados dicotómicamente con tonalidades variables entre el verde oliváceo, el marrón y el ocre y que se fijan al sustrato mediante proliferaciones estoloníferas cilíndricas.

Anatómicamente los talos de *Rugulopteryx* presentan una capa monoestratificada de pequeñas células corticales, seguida de una capa de células medulares. En la parte basal del talo la médula es pluriestratificada, mientras que en las zonas medias y altas la parte central del eje es monoestratificada y pluriestratificada en los márgenes.

## BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LA ESPECIE

Se trata de una especie perenne y dioica que presenta un ciclo de vida digenético isomórfico haplodiplofásico, donde alternan una generación gametofítica haploide con una esporofítica diploide. El gametofito de *Rugulopteryx* es morfológicamente idéntico al esporofito, sólo distinguible cuando presenta gametangios, en este caso agrupados en soros y distribuidos de manera dispersa en ambas caras del talo.

El ciclo de vida de *Rugulopteryx* incluye también procesos de multiplicación vegetativa mediante la formación de propágulos vegetativos pluricelulares en ambas caras del talo, tanto en esporofitos como en gametofitos. En ambos casos, los pequeños talos formados en gran número sobre los talos parentales pueden desprenderse y liberarse al medio.

Las evidencias actuales señalan hacia mecanismos clónicos de reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones invasoras de *Rugulopteryx* en Andalucía, mediante la formación de monosporas asexuales y/o propágulos vegetativos abundantes y frecuentes a lo largo del año, lo que refuerza su carácter invasivo.

En su hábitat nativo *Rugulopteryx* se desarrolla en fondos rocosos entre la zona eulitoral inferior y la infralitoral, con poblaciones someras entre 0-7 m de profundidad, llegando incluso hasta los 15 - 35 m. En las poblaciones introducidas su rango batimétrico oscila desde cubetas de la zona eulitoral a profundidades mayores de 50 m en el litoral andaluz, donde forma comunidades dispares, unas con un alto grado de homogeneidad y otras en formación con algas como otras *Dictyotales*, *Sphaerococcus* o *Asparagopsis* y presentado alta biodiversidad.



En buena parte de la costa andaluza, entre la superficie y 20 m de profundidad hay un recubrimiento prácticamente completo de los sustratos duros por parte de *Rugulopteryx*, con coberturas que pueden llegar a ser del 90- 100%. Hacia cotas más profundas la cobertura disminuye, pero se mantiene en niveles altos, en torno al 30-40%. En cotas de profundidad en torno a los 50 m también se ha observado la presencia de la especie, si bien en estos ambientes y otros de carácter esciáfilo someros, como pueden ser grietas, extraplojos y oquedades, la presencia de la especie es menos abundante.

A nivel vegetativo, en los meses más cálidos la especie presenta un morfotipo fino y de menor tamaño que en los meses más fríos (Salido & Altamirano 2021), lo cual dificulta a nivel técnico la retirada de los talos, en comparación con los talos del morfotipo grueso, más grandes y fáciles de retirar, y presente en los meses más fríos. Además, en los meses más cálidos parece haber una mayor frecuencia de talos con estructuras de propagación (monosporas y propágulos) y una mayor densidad de éstas (Salido & Altamirano 2021; Gómez-Zaldúa et al. 2021), que puede aumentar el riesgo de dispersión de la especie con las acciones a realizar. En cualquier caso, hay que matizar que la especie puede presentar diferentes patrones fenológicos en diferentes regiones.

## ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

*Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) Hwang et al., 2009 es un alga parda de la familia Dictyotaceae, nativa del noroeste del Pacífico (Hwang et al., 2009; Verlaque et al., 2009). En Europa, se registró por primera vez en 2002 en Francia, en el lagoon de Thau (cerca de Montpellier), donde fue introducida accidentalmente probablemente a través de la importación de ostiones (*Magallanas* (*Crassostrea*) *gigas*) (Verlaque et al. 2009).

El primer registro de esta especie en España se realizó en Ceuta en 2015, donde formó arribazones masivos (Ocaña et al. 2016). Poco después se detectó en la costa de Tarifa y Algeciras (Altamirano et al. 2016, 2017; García-Gómez et al., 2018; 2020). No se conoce la vía de introducción por la que esta especie ha llegado al Estrecho de Gibraltar, barajándose entre otras opciones el transporte marítimo (aguas de lastre o el fouling) o la acuicultura (Rosas-Guerrero et al., 2018; Hernández 2019). La dispersión secundaria posterior se ha producido por corrientes y transporte marítimo (García-Lafuente et al., 2023; Mateo-Ramírez et al., 2023). Después de 10 años, esta alga invasora se ha extendido ampliamente por el mar Mediterráneo: se tiene constancia del alga en Almería en 2019 (Junta de Andalucía, 2019), en la costa de Alicante (Terradas-Fernández et al., 2023), en dos puertos de Girona en 2024 (Aragay et al., 2024) y en la isla de Alborán a finales de 2024 (Junta de Andalucía, 2024). En Andalucía, los datos más orientales conocidos se sitúan frente al Cabo de Gata (La Laja en 2020 y las calas al este de Punta Génova en 2024) (Junta de Andalucía, 2020-2024; Moreno et al., 2023). También se ha extendido por Marruecos (El Aamri et al., 2018), Francia, en torno al litoral de Marsella (Ruitton et al., 2021; Borriglione et al., 2024), la costa de Sicilia (Bellissimo et al., 2024; Marletta et al., 2024) y al sur del Adriático, como registro más oriental (Bottalico et al., 2024). En el Atlántico, se tiene constancia de la invasión en la costa atlántica de Marruecos (El Madany et al., 2024), Madeira (Bernal-Ibáñez et al., 2022), Azores (Faria et al., 2022a,b), islas Canarias (Bachot y Riera, 2025; Jiménez y Riera, 2025) y la costa Cantábrica, detectándose en el puerto de Bilbao, Galicia (cerca de los puertos de A Coruña y Vigo) (Díaz-Ta-



pia, 2025), Asturias (Madrazo-Frías et al., 2024) y Castro Urdiales en 2025 (Cantabria; MITECO, 2025), éste último enclave situado apenas a 9 km del puerto de Bilbao.

## VÍAS DE INTRODUCCIÓN

El Estrecho de Gibraltar registra una de las mayores intensidades de tráfico marítimo a nivel mundial, estimándose en 130.000 buques procedentes de todo el planeta que navegan por sus aguas cada año *Rugulopteryx*. Junto con las actividades de acuicultura marina, aquellas asociadas al transporte marítimo son los principales vectores de introducción de especies exóticas en el medio marino, siendo los más importantes el fouling y las aguas de lastre (Ruíz et al. 1997; Ribera 2003)

Otro vector de introducción para *Rugulopteryx* pudieran ser los cultivos marinos; como quedó constatado en la laguna Thau en Francia, donde su introducción se asocia a importaciones de ostras (*Crassostrea gigas*) llevadas a cabo desde Corea, probablemente en 1994 (Verlaque et al. 2009). Éste es el primer registro de presencia de la especie en el Mediterráneo, en el año 2002.

Las condiciones cambiantes asociadas al transporte adherido como biofouling, sobre todo las relativas a la temperatura y la salinidad, unidas al efecto del rozamiento producido por la velocidad de travesía y el oleaje, y la presencia de sustancias antifouling, hacen que el transporte por este vector sea una dura prueba para aquellas especies que lo empleen para introducirse en nuevas regiones biogeográficas (Hewitt et al. 2007).

El análisis anterior, junto con la localización de los primeros registros de las especies en el entorno de los puertos de Ceuta y Tarifa, permite concluir el transporte marítimo como el vector de introducción inicial más probable en la zona del Estrecho, también probablemente asociado a las aguas de lastre de los buques comerciales.

Debido a la presencia de dos grandes puertos comerciales en la región, el de Algeciras y el de Tánger Med en Marruecos, la dispersión por aguas de lastre puede ser un importante vector de introducción, pero también de dispersión a zonas cercanas, como sería el caso de las algas verdes formadoras de proliferaciones masivas (conocidas también como “blooms”) *Ulva ohnoi* y *Ulva pertusa* (Zanolla et al. 2019).

Entre los potenciales vectores responsables de su dispersión secundaria a escala más local podrían citarse las corrientes marinas, el biofouling, las artes de pesca, los fondeos de embarcaciones recreativas, o la basura marina.



# RUGULOPTERYX OKAMURAE EN ANDALUCÍA

## SITUACIÓN ACTUAL

### EVOLUCIÓN DE SU DISTRIBUCIÓN EN ANDALUCÍA

#### HISTÓRICO DE INVASIÓN EN LAS AGUAS DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR

Las primeras referencias en la costa africana se localizan en Ceuta. Posteriormente se confirma su presencia en otros puntos de la costa marroquí, tanto a levante (localidad de M'diq) como a poniente (bahía de Tánger).

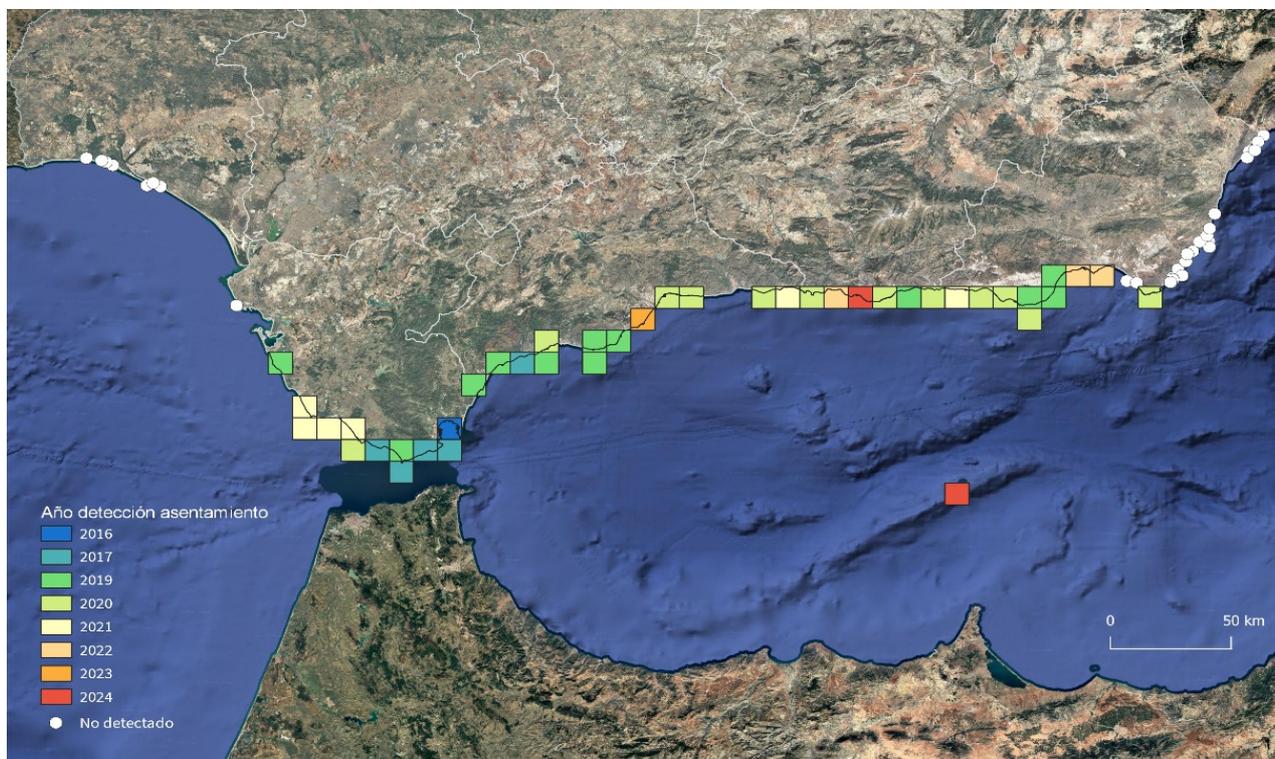
En 2016 se identificó la especie por primera vez en el estrecho de Gibraltar a partir de arribazones aparecidos en las costas de Ceuta. A partir de ese momento se constató el progresivo aumento de su área de distribución hacia el este y el oeste a ambos lados del Estrecho, mostrando una capacidad de colonización extraordinaria, con productividades y biomásas desmesuradas y sin precedentes respecto de otras especies tanto autóctonas como alóctonas, haciendo que en la actualidad ocupe gran parte del litoral de Andalucía.

Ocaña et al. (2016) citan durante el otoño de 2015 la proliferación masiva de una especie de alga dictiotal (*Phaeophyceae, Ochrophyta*) en el estrecho de Gibraltar que, aunque en un principio no se identificó como *Rugulopteryx okamurae*, se trataba muy probablemente de esta especie<sup>3</sup>.

En 2019 se confirma su presencia en las islas Chafarinas y también se detecta la aparición de arribazones en playas del litoral atlántico del entorno de Asilah.

El mapa siguiente muestra la distribución actual observada en el litoral andaluz, donde el límite oriental de distribución del alga se sitúa en Cabo de Gata (Almería) y el occidental en Puerto Sherry (El Puerto de Santa María, Cádiz). Se considera, por tanto, que la especie está "ampliamente propagada" por la costa andaluza, es decir, *Rugulopteryx* ha sobrepasado la fase de naturalización y se ha extendido hasta colonizar una parte amplia del área de distribución potencial en la que puede sobrevivir y reproducirse en los fondos marinos en Andalucía.

<sup>3</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamurae* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022. (2022).



**Figura nº 1. Año de primera detección con asentamiento de la especie en el litoral andaluz en base a las observaciones del Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino. En blanco las observaciones corresponden a ausencia de la especie en localidades donde se ha realizado búsqueda**

## DISTRIBUCIÓN EN ANDALUCÍA

En el momento de la realización de este Plan se ha detectado de forma fiable la presencia del alga desde Punta Negra (Almería), que constituye el punto más oriental con presencia asentada de *R. okamurae*, mientras que la localidad de Puerto Sherry (Cádiz) es la localización más occidental en Andalucía (datos del PGS-MM). No se descarta que en el límite occidental se encuentren nuevas localidades con presencia de esta alga invasora.

Desde que se detectó por primera vez en 2016 en la bahía de Algeciras, el alga ha ido expandiéndose por el litoral Andaluz, observándose por primera vez en Málaga en 2017. En el año 2019 fue detectada tanto en la provincia de Granada como en Almería. En la provincia de Huelva aún no se ha detectado presencia de la especie (datos del PGSMM). En el año 2024 se ha detectado primera vez en la isla de Alborán.

En el año 2020, en la provincia de Almería, se constata la presencia generalizada de *R. okamurae* en el poniente almeriense, en localidades como Adra, Guardias Viejas, Punta Sabinar o Cerrillos. A finales de este año, se observa un único talo en La Laja (P.N. de Cabo de Gata-Níjar), tratándose hasta esa fecha de la localidad más oriental con registros de esta especie en Andalucía. En 2022, se observa en el Puerto de Almería y



Zapillo (bahía de Almería). En 2023 no se observan grandes cambios en cuanto a la distribución de la especie. En 2024, lo más relevante es la detección de esta exótica en Punta Génova, tratándose del límite oriental de la especie en Andalucía (datos propios), y se observa por primera vez en la isla de Alborán.

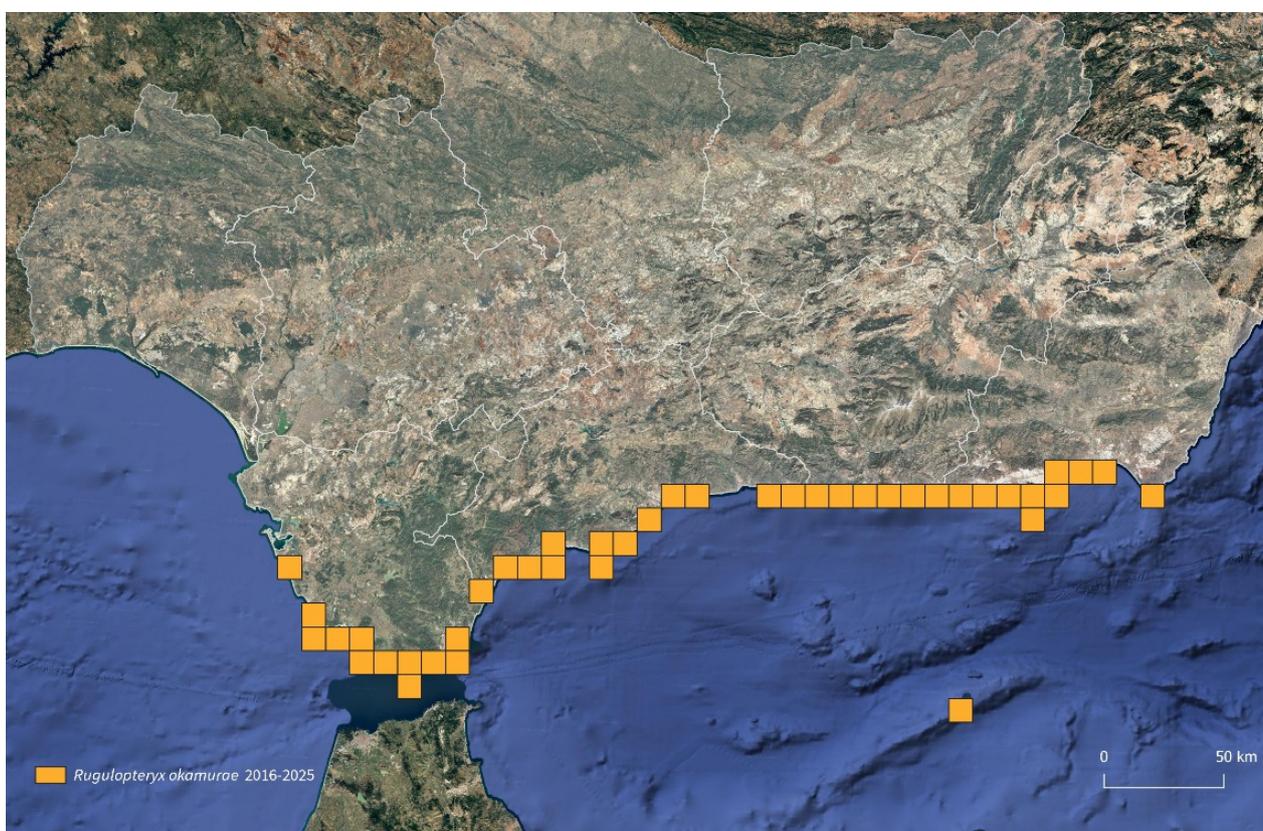
En la provincia de Granada durante el año 2021 las observaciones se realizaron en localidades situadas en espacios protegidos de la provincia como los ZEC de Acantilados y Fondos Marinos de Calahonda-Castell de Ferro y Acantilados y Fondos Marinos de la Punta de la Mona, así como en el Paraje Natural Acantilados de Maro-Cerro Gordo. Otras observaciones se hicieron en praderas de *P. oceanica* de Cala Chinchas y Melicena. En 2022 nuevas observaciones del alga tuvieron lugar en Punta de Jesús sobre roca de manera abundante, así como sobre *P. oceanica* en Playa Cambriles con una abundancia baja. En 2023 se detecta también en una localidad situada dentro del ZEC de Acantilados y Fondos Marinos de Tesorillo-Salobreña a 28 m de profundidad sobre estructuras abandonadas de cultivos de moluscos. En el año 2024 la nueva localidad donde se observa *R. okamurae* es en el Puerto de Motril, poniendo de relieve que el litoral de esta provincia ha sido prácticamente colonizado por esta especie invasora en escasos años.

En la provincia de Málaga en 2021 se observa la especie en localidades del Paraje Natural de Acantilados de Maro-Cerro Gordo, así como en el entorno de Mijas, Marbella y Estepona. En 2022 se detecta en Fuengirola y Punta Chullera. En 2023 las observaciones se realizan en la zona de Benalmádena. En 2024 la distribución de la especie no incorpora nuevas localidades. En 2025 hasta la realización de este informe, se detecta presencia de la especie en localidades del entorno de Málaga capital (no inspeccionadas antes), como el Palo y Cala del Moral. También es observada en estructuras de hormigón y roca de cantera de playas de la ciudad de Málaga, con presencia abundante.

En Cádiz las observaciones efectuadas en Puerto Sherry corresponden a talos recolectados en material arrojado sobre la playa de abundancia escasa y de talos asentados sobre roca natural a 5 m de profundidad. En Conil se detectó la especie en arribazón, por lo que no se descarta que esté asentada en los fondos duros de esta localidad. En los Corrales de Rota en 2023 se inspeccionó el piso mesolitoral e infralitoral superior y no se detectó presencia de *R. okamurae*.

Respecto a la provincia de Huelva, Altamirano et al., (2019) recoge material arrojado en la Playa de la Bota (Punta Umbría, Huelva), que atribuye a estas muestras la identidad de *R. okamurae* basándose en Sun et al. (2006) y en la enorme biomasa generada. Las observaciones efectuadas por parte del equipo de medio marino no han identificado el material arrojado en dicha localidad como *R. okamurae* y al haberse registrados episodios similares con anterioridad (CAPMA, 2012) claramente atribuibles a *Dictyota dichotoma* como especie responsable, se opta por no asignar a *R. okamurae* como responsable de los arribazones aparecidos en esta localidad y por tanto considerar a la especie, a fecha de este informe y con los datos disponibles por parte del PGSMM, no presente en dicha provincia. Así mismo, los análisis genéticos llevados a cabo sobre muestras procedentes de estos arribazones no corresponden a *R. okamurae* (Manchado, com.pers). En 2025 se han visitado varias localidades en busca de indicios de la especie en el arribazón sin detectarse presencia de esta. Las localidades visitadas fueron la playa del Parador de Mazagón, playa de Mazagón, playa de los Enebrales, playa de la Bota, playa del Portil y flecha de El Rompido

Con las observaciones realizadas durante las actuaciones llevadas a cabo durante el presente trabajo y junto con los datos históricos sobre la presencia de *R. okamurae* en el litoral andaluz por parte del PGSM, la distribución de *R. okamurae* a fecha de este informe abarca desde la localidad de Puerto Sherry en Cádiz hasta la localidad de Punta Negra (Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar) en Almería. Se ha detectado su presencia de forma asentada tanto sobre sustrato duro, como fondos de maërl, asociada a praderas de *P. oceanica* así como epífita tanto sobre otras algas (*Halopteris scoparia*; *Ellisolandia elongata*) como sobre erizos (*Sphaerechinus granularis*) y holoturias (*Holothuria tubulosa*).



**Figura nº2. Distribución de *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía, actualizado a junio de 2025 (datos de observaciones registradas por el Equipo de Medio Marino. Junta de Andalucía)**



**Figura nº 3. Ocupación de medio bentónico y pelágico de *Rugulopteryx okamurae*<sup>4</sup>.**

*Foto arriba izquierda: Sobre las plataformas rocosas bien iluminadas *R. okamurae* llega a desarrollar una ocupación del caso el 100% donde especies del género *Asparagopsis* son los únicos elementos relevantes (Isla de Tarifa, 15/10/2019).*

*Foto arriba derecha: Sobre las zonas más verticales de las rocas *Rugulopteryx okamurae* presenta un desarrollo mucho más limitado, incluso llegar a estar ausente (Acebuche, 17/10/2019, -15m).*

*Foto centro izquierda: Los acúmulos de *Rugulopteryx okamurae* pueden alcanzar un espesor de hasta 50 cm enterrando gorgonias y otras especies (Pta. San García, 14/10/2019).*

*Foto abajo izquierda: Desarrollo de *Rugulopteryx okamurae* en una comunidad de gorgonias en Punta Carnero, 21/07/2016 a 14 m de profundidad en la fase inicial de la invasión.*

*Foto abajo derecha: Presencia de *Rugulopteryx okamurae* en la columna de agua, Punta Camorro 17/10/2019.*

<sup>4</sup> Informe de resultados de los trabajos con *Rugulopteryx okamurae* en la ZEC y P.N del Estrecho en el marco del convenio suscrito entre AMAYA, AGAPA, y Ocean Cleaner Technology S.L. (2020).



**Figura nº 4. Medio bentónico previo a la invasión de *Rugulopteryx okamurae*<sup>5</sup>.**

*Determinadas zonas del Parque del Estrecho se han mantenido hasta el momento poco invadidas por *Rugulopteryx okamurae* manteniendo la diversidad nativa de estos ambientes con especies como *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis* y *Astroydes calycularis* (Bajo de la Perla, 16/10/2019, -25 m).*

5 Informe de resultados de los trabajos con *Rugulopteryx okamurae* en la ZEC y PN del Estrecho en el marco del convenio suscrito entre AMAYA, AGAPA, y Ocean Cleaner Technology S.L. (2020).



## TENDENCIA POBLACIONAL EN ANDALUCÍA

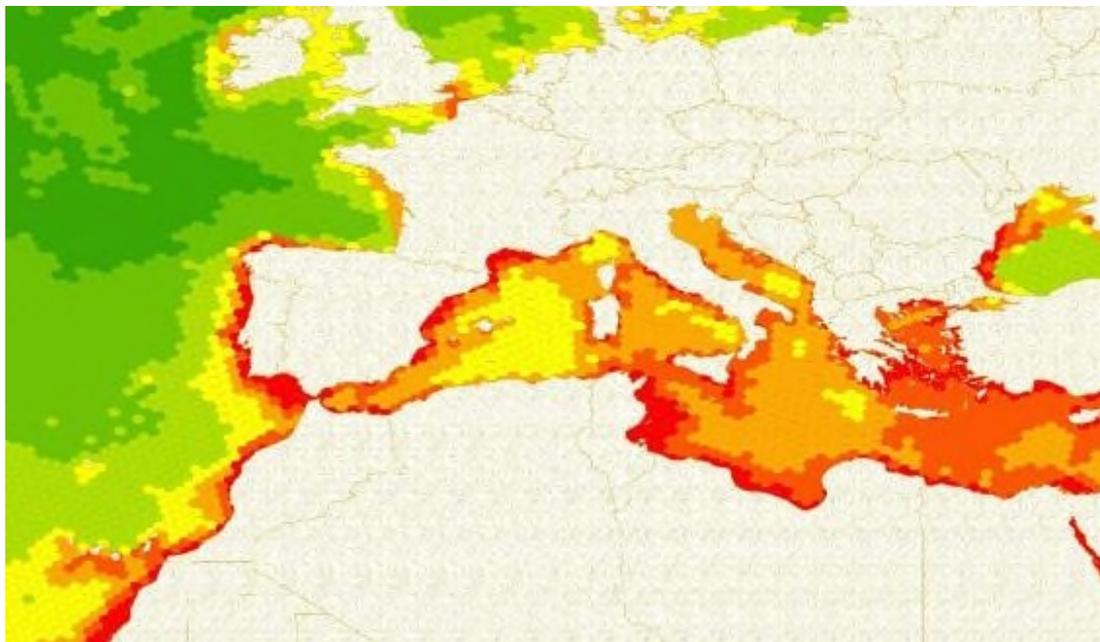
Se observa una expansión clara hacia el mar de Alborán desde el Estrecho donde se consideraba que estaba relegada. En 2016 se la identifica por primera vez en el Estrecho de Gibraltar (Altamirano et al., 2017) y a partir de ese momento, *Rugulopteryx* comienza a aumentar su área de distribución expandiéndose hacia el este y el oeste tanto en las costas africanas como europeas mostrando una capacidad competitiva y de colonización extraordinaria con un incremento de biomasa desmesurado, y sin precedentes conocidos. Las primeras observaciones realizadas por parte de los técnicos del *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino* (PGSMM) pusieron de manifiesto una desigual presencia del alga *Rugulopteryx okamurae* en las distintas localidades del Parque del Estrecho (CMAYOT, 2017). Sin embargo, y en consonancia con los trabajos de Muñoz-Román et al., (2019) se ha podido ir observando cómo la especie ha desarrollado una expansión sin precedentes conocidos y que en la actualidad se extiende por gran parte del litoral de Andalucía.

Las evidencias actuales señalan hacia mecanismos clónicos de reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones invasoras mediante la formación de monosporas asexuales y/o propágulos vegetativos, abundantes y frecuentes a lo largo del año. Si se tiene en cuenta que se han llegado a contabilizar por centímetro cuadrado de talo, más de 100 monosporas y más de 25 propágulos vegetativos (Altamirano et al., 2019) y que a partir de cada uno de ellos se puede generar un nuevo individuo clónico, independientemente de que el talo que los produzca esté fijado al sustrato o libre en la columna de agua, se puede entender el potencial invasor de un solo talo de esta especie en el litoral andaluz, confirmado a partir de los datos del PGSMM entre 2017 y 2022.

Así mismo, el desarrollo masivo mostrado por esta especie se asocia a un fenómeno de invasión críptica (Altamirano et al., 2019), donde en las etapas iniciales de la invasión la especie pasa desapercibida en el medio natural por su gran similitud con otras especies nativa del género *Dictyota*.

Los modelos de predicción elaborados hasta la fecha muestran las zonas más favorables para la especie, tal y como se muestra en la figura 4 <sup>6</sup>. La mayor favorabilidad la muestra el color rojo) y en verde las zonas más desfavorables.

<sup>6</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamurae* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022. ( 2022).



**Figura nº 5. Modelo de favorabilidad ambiental para *Rugulopteryx okamurae* en el Mediterráneo, costas de Europa occidental y norte de África**

## SEGUIMIENTO DE POBLACIONES EN ANDALUCÍA

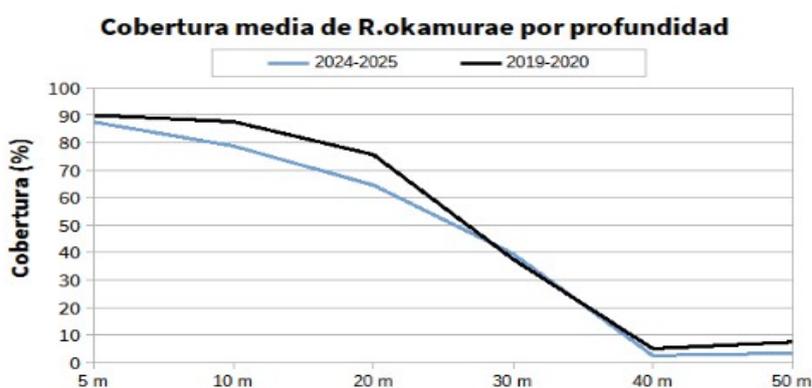
Por parte de la *Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad* en colaboración con AMAYA, y en el ámbito de sus competencias, desde el 2016 se viene realizando una serie de actuaciones con el objetivo de monitorizar la evolución de esta especie exótica, llevándose a cabo los siguientes trabajos:

1. Trabajos para la detección temprana en los límites orientales y occidentales de las áreas en las que están registradas su distribución actual en de Andalucía, así como en otras áreas de interés. Actualización continua de la presencia de *Rugulopteryx* en Andalucía según un plan de inspecciones de prospección en el medio marino y litoral andaluz.
1. Seguimiento de la evolución de la invasión y de su afección a la biodiversidad en áreas de interés a lo largo de la costa andaluza como el Parque natural del Estrecho, el área del poniente almeriense y otros puntos seleccionados en las costas de Granada y Málaga.
2. Estudio de la afectación generada por *Rugulopteryx* sobre especies amenazadas.
3. Difusión y puesta en valor de los avances del conocimiento relacionados con la invasión de *Rugulopteryx* en Andalucía. Establecimiento de un procedimiento para recopilar e integrar en el Visor de la REDIAM toda la información que se genera en Andalucía en los diferentes proyectos vigentes.

Las conclusiones de estos trabajos se pueden consultar en el informe de Medio marino 2024 que se puede descargar en el siguiente enlace: [Informes regionales \(2008-2024\). Plan de Recuperación y Conservación de Invertebrados Amenazados y Fanerógamas del Medio Marino](#)

Se destaca los trabajos de seguimiento realizados en el Parque Natural del Estrecho durante 2024 que nos permiten comparar la situación actual de la invasión con la que se describió en el mismo espacio en la campaña de 2019.

De las observaciones llevadas a cabo en los diferentes transectos realizados, al igual que la campaña de 2019-2020, la colonización *R. okamurae* es generalizada y variable según diferentes parámetros físicos como el tipo de sustrato y la profundidad, donde la intensidad lumínica es menor a medida que aumenta. En los fondos de arena el alga es prácticamente inexistente, quedando relegada a restos de conchas, pequeñas piedras o piedras que afloran sobre el sedimento, mientras que en los fondos rocosos el alga coloniza la mayor parte del sustrato y la cobertura disminuye con la profundidad (Figura 5). También se han observado algunas diferencias entre localidades, pero sin cambios significativos. En todos los transectos realizados con la cámara vertical (30-50 m), excepto en la punta del Acebuche, se detectó la presencia escasa de *R. okamurae* y solo en el 20% el alga estaba en suspensión y con una presencia rara.



**Figura 6. Cobertura media de *Rugulopteryx okamurae* según la profundidad, en las localidades del Parque Natural del Estrecho donde se ha realizado el seguimiento.**

La comparación de coberturas de *R. okamurae* entre 2024 y la campaña de 2019-2020 muestra una forma sigmoideal, en la que la cobertura disminuye con la profundidad. Los valores máximos se encontraron a -5 m (87%) y los mínimos a -30-40 m, rondando el 3% de cobertura. En ninguno de los muestreos se ha observado coberturas del 100% ni visual ni mediante cuadrícula. Aplicando un modelo de regresión no lineal de tipo logístico a las coberturas obtenidas, no se encontraron diferencias significativas entre la cobertura de *Rugulopteryx* con la profundidad, entre los dos años comparados, para ninguno de los parámetros de la curva (asíntota, pendiente e inflexión). En otras palabras, el comportamiento de la curva sigmoideal es estadísticamente similar entre 2019 y 2024. Sin embargo, analizando la cobertura para cada profundidad por separado



mediante el test de U de Mann-Whitney, los datos si muestran una reducción significativa en 2024 a la profundidad de 10 m ( $p = 0,023$ ), respecto a los datos de 2019-2020.

## ESTIMACIÓN DE ACÚMULOS DE BIOMASA EN LA COSTA ANDALUZA

Desde 2016 a 2022, se dispone de un total de 89 observaciones de arribazones en 41 playas diferentes en la costa andaluza. Esta información permite conocer el alcance del fenómeno a nivel territorial y las playas que se han encontrado en algún momento afectadas. Estos datos se encuentran disponible en la Red de Información Ambiental de Andalucía.

La información disponible procede de tres fuentes principales:

- Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz. Incorpora observaciones de arribazones a una base de datos de registros de *Rugulopteryx* en la costa andaluza. Estos trabajos no se realizan de forma sistemática si no que se trata de registros que se llevan a cabo durante el desarrollo de otros trabajos de seguimiento de especies amenazadas en Andalucía. Por tanto, no constituye un inventario exhaustivo de todos los eventos de arribazones que se han podido producir en las costas andaluzas durante los últimos años.
- LIFE IP INTEMARES. La Agencia de Medio Ambiente y Agua desarrolla en este proyecto la acción *C.1.5: Acciones para el control de especies alóctonas. Control del impacto de *Rugulopteryx okamurae* sobre especies amenazadas*. Dicha acción tiene como objetivo principal estudiar la afectación de *Rugulopteryx* sobre *Patella ferruginea*. Para ello se lleva a cabo una caracterización del arribazón en la Bahía de Algeciras en el periodo 2021-2022-2023, incluyendo dos épocas diferentes del año, especialmente el otoño que es el momento de asentamiento de las larvas.
- Jornadas IFAPA: Valorización y uso de los arribazones del alga invasora *Rugulopteryx* en Agricultura. Durante estas jornadas se han presentado otras fuentes de información valiosas en este campo, como los datos indirectos de los Ayuntamientos costeros que recogen según sus competencias estos arribazones de forma sistemática y que pueden disponer de información del peso total de biomasa recogida anualmente.



## ANÁLISIS DAFO-CAME

En este bloque se exponen y analizan los factores y las acciones propuestas para la gestión de esta especie invasora y sus implicaciones económicas, sociales y medioambientales; relacionándolos de manera coherente, y enmarcando las distintas estrategias a emplear en cada circunstancia y que van a definir los objetivos a plantearen cada caso.

### ANÁLISIS DAFO

Mediante el análisis DAFO se evalúan los factores o elementos que definen el marco contextual en el que va a desarrollarse el presente Plan de Gestión, agrupando estos elementos en las cuatro categorías; en base a los elementos internos (fortalezas y debilidades) y a los elementos externos (oportunidades y amenazas).

#### DEBILIDADES

##### 1. NECESIDAD DE DESARROLLO Y MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE DETECCIÓN PRECOZ Y EMERGENCIA PARA ESPECIES EXÓTICAS MARINAS.

- Necesidad de potenciar los *Planes de Alerta y Detección Temprana*, y los *Protocolos de Emergencia*, especialmente en el ámbito de los sectores portuario y pesquero.
- Integración de estas metodologías en los planes, programas y proyectos ya en funcionamiento.

##### 2. LIMITACIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS PARA LA EJECUCIÓN DE PROTOCOLOS DE INACTIVACIÓN DE LAS AGUAS DE LASTRE

- Falta de conocimiento en relación con la inactivación biológica de las aguas de lastre en relación a las especies exóticas que puedan contener.
- Limitaciones normativas y competenciales para regular la gestión de las aguas de lastre de buques internacionales y/o en puertos de tránsito internacional.

##### 3. LIMITACIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS PARA LA EJECUCIÓN DE PROTOCOLOS DE INACTIVACIÓN DE LA BIOMASA ADHERIDA A ARTES DE PESCA E INSTALACIONES ACUÍCOLAS.

- Falta de conocimiento en relación con la inactivación biológica de los artes de pesca y elementos acuícolas en relación con las especies exóticas que puedan mantenerse adheridas a ello.
- Logística, planificación espacial y habilitación en las instalaciones portuarias, de las instalaciones necesarias para la inactivación biológicas efectiva de los artes de pesca.



## AMENAZAS

### 1. ELEVADA CAPACIDAD DE DISPERSIÓN Y ASENTAMIENTO DE LA ESPECIE.

Las características propias de la biología y ecología de la especie determinan limitaciones técnicas para controlar su capacidad de dispersión.

- Las evidencias actuales señalan hacia mecanismos clónicos de reclutamiento de nuevos individuos en las poblaciones invasoras de *Rugulopteryx* en Andalucía, mediante la formación de monosporas asexuales y/o propágulos vegetativos abundantes y frecuentes a lo largo del año, lo que refuerza su carácter invasivo.
- A nivel vegetativo, en los meses más cálidos la especie presenta un morfotipo fino y de menor tamaño que en los meses más fríos (Salido & Altamirano 2021), lo cual dificulta a nivel técnico la retirada de los talos, en comparación con los talos del morfotipo grueso, más grandes y fáciles de retirar, y presente en los meses más fríos. Además, en los meses más cálidos parece haber una mayor frecuencia de talos con estructuras de propagación (monosporas y propágulos) y una mayor densidad de éstas (Salido & Altamirano 2021; Gómez-Zaldúa et al. 2021).
- Capacidad natural de propagación potenciada por otros vectores artificiales de dispersión que le permiten colonizar áreas distantes de la costa.
- Por otro lado, se ha registrado asentamientos sobre amplia diversidad de sustrato y amplia batimetría; siendo además incluso epífita sobre amplia diversidad de organismos; tanto vegetales como animales.

Las metodologías de control población requieren aún de mayor investigación para la aplicación efectiva sobre *Rugulopteryx*; una especie que, en cualquier caso, presenta serias dificultades técnicas para el control eficiente de sus poblaciones, en base sus características biológicas y ecológicas; además de por las dificultades de gestión inherentes al medio marino:

- Fácil fragmentación de talos (especialmente en el morfotipo fino predominante en meses cálidos) con propágulos de la especie. Esta fragilidad hace poco eficaz y eficiente la retirada manual; pudiendo aumentar la producción accidental del propágulo de la especie.
- Asentamiento sobre amplia diversidad de sustrato y amplia batimetría; siendo además incluso epífita sobre amplia diversidad de organismos; lo que dificulta las metodologías de retirada manual; y hace inviable otras como la succión sin generar afectaciones sobre la comunidad, en caso de asentamiento sobre otras especies. En ambos casos pueden resultar importante las afectaciones sobre la abundante fauna epífita que coloniza los ejemplares de *Rugulopteryx*.

### 2. IMPACTOS SEVEROS SOBRE EL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO.

*Rugulopteryx okamurae* ha generado un impacto ecológico sin precedentes sobre las biotas locales, especialmente sobre las comunidades bentónicas provocando un cambio radical en su estructura y composición y desplazamiento de las especies autóctonas:

- Se han detectado impactos sobre los bosques someros de laminariales, afectando significativamente a las especies más representativas de estas formaciones como *Laminaria ochroleuca* y *Saccorhiza polyschides*,



sobre bosquetes de *Cystoseira usneoides*, así como sobre praderas de *Posidonia oceanica* y comunidades de algas fotófilas.

- Sobre las especies animales que habitan zonas iluminadas, *Rugulopteryx* coloniza tubos de poliquetos tubícolas, superficies blandas de holoturias, caparzones de crustáceos, ascidias, esponjas, y parece afectar de forma significativa al erizo *Sphaerechinus granularis*.
- Se han visto afectadas especies de interés como la caracola *Charonia lampas*, el coral estrellado *Astroides calycularis*, o el coral rojo *Corallium rubrum*, las dos primeras especies están incluidas en los Catálogos Español y Andaluz de Especies Amenazadas en la categoría de “Vulnerable” y la última en la categoría de “En peligro de extinción”; igualmente, las comunidades de coralígeno formado por diversos tipos de gorgonias como *Leptogorgia sarmentosa*, *Eunicella spp.* y *Paramuricea clavata*, han sufrido un impacto severo al ser cubiertas casi completamente por el alga.

No se conocen efectos positivos que la implantación masiva de esta especie haya producido sobre las comunidades marinas y litorales autóctonas, pues ha quedado constatada el cambio en la estructura de las comunidades, y su afectación negativa a actividades como la pesca o el turismo, debido principalmente a los acúmulos de arribazones en la línea de costa y su posterior degradación.

## FORTALEZAS

### 1. AMPLIA CAPACIDAD Y EXPERIENCIA DEL TEJIDO DE INVESTIGACIÓN ANDALUZ

Andalucía cuenta con una amplia capacidad y experiencia en el ámbito de la investigación y con capacidad para abordar diversas líneas de investigación en diferentes centros y grupos; pudiendo abordar líneas de investigación relacionadas con la ecología y dinámica poblacional, detección temprana, control biológico por herbivoría e identificación genética, seguimiento y monitorización, aprovechamientos de la biomasa mediante producción de compost, sustrato y biofertilizantes, compostaje con detritívoros, producción de biogás, biocombustibles, bioactivos y biofertilizante, producción de bioetanol y biofertilizantes, obtención de bioplásticos, biocombustibles y biofertilizantes y otras aplicaciones biomédicas .

### 2. RECURSOS Y SINERGIAS CON LOS PLANES, PROGRAMAS Y ACTUACIONES DE LA CONSEJERÍA DE SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

Incorporación en el Plan de Acción de metodologías y logísticas exitosas ya empleadas en estos planes y programas actualmente en funcionamiento. En concreto, se pretende aprovechar la sinergia de todos los trabajos ya iniciados por parte de la Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad en colaboración con la Agencia AMAYA, y en el ámbito de sus competencias, desde el 2016 que anteriormente se mencionaban en el apartado del seguimiento de las poblaciones en Andalucía. En este sentido, se puede aprovechar y potenciar la *Red de Seguimiento de Especies Exóticas Invasoras del Medio Marino*, incluido dentro del *Plan de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz*.



## OPORTUNIDADES

### 1. CONTEXTO NORMATIVO FAVORABLE EN LA UE

Creciente sensibilización de las políticas europeas acerca de la necesidad y conveniencia de políticas que favorezcan de manera activa el desarrollo sostenible del medio marino y proteja los medios de producción a él vinculados.

### 2. EXISTENCIA DE NORMATIVA ESPECÍFICA QUE REGULA LAS RESTRICCIONES PARA EL MANEJO DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

La normativa española relativa a especies exóticas invasoras regula la posibilidad de que la autoridad competente pueda llevar a cabo permisos y autorizaciones en el ámbito de determinadas condiciones relacionadas con la investigación, salud o seguridad de las personas, o con fines de control o erradicación, en el marco de estrategias, planes y campañas que, a tal efecto, se aprueben. Así mismo, la Estrategia Nacional establece la necesidad de recogida de biomasa y la posibilidad de valorización de la misma. Todo ello facilita el establecimiento de acciones en el ámbito del presente Plan de Gestión.

### 3. IMPULSO DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO EN ANDALUCÍA

Se destacan las siguientes oportunidades:

- Investigaciones sobre la biología, ecología y dinámica poblacional de *Rugulopteryx okamurae*.
- Ecología y dinámica poblacional.
- Detección temprana y vectores de dispersión.
- Control biológico por herbivoría e identificación genética.
- Seguimiento y monitorización.
- Investigaciones sobre aprovechamientos de la biomasa de *Rugulopteryx* como residuo:
- Digestión Aeróbica. Producción de compost, sustrato y biofertilizantes.

## ESTRATEGIAS CAME - DECISIONES ESTRATÉGICAS

A continuación, se detallan las estrategias prioritarias que enmarcarán las acciones concretas que se recogerán en el Plan de Acción. Para ello se acomete la Estrategia CAME, consistente en:

1. **CORREGIR DEBILIDADES:** Estrategias CAME de reorientación “TOMA DE DECISIONES”.
- Aprovechar nuevas **Oportunidades** para eliminar **Debilidades**; prescindiendo incluso de las actuales Fortalezas. Relacionado con cambios de rumbo en situaciones críticas.
2. **AFRONTAR AMENAZAS:** Estrategias CAME de supervivencia “*CONOCER LAS LIMITACIONES*”.
- Corregir **Debilidades** y afrontar **Amenazas** para subsistir. Relacionado con momentos de crisis.
3. **MANTENER FORTALEZAS:** Estrategias CAME defensivas “*EVALUAR EL RIESGO*”.

- Mantener **Fortalezas** para afrontar las **Amenazas** detectadas. Relacionado con mantener y fortalecer posiciones.
  4. **EXPLOTAR OPORTUNIDADES:** Estrategias CAME ofensivas “POSICIONAMIENTO”.
- Potenciar **Fortalezas** y explotar **Oportunidades**. Relacionado con momentos de crecimiento y buen posicionamiento.



Figura nº 7. Diagrama Análisis DAFO y Estrategias CAME

### CORREGIR DEBILIDADES: ESTRATEGIAS CAME DE REORIENTACIÓN

1. APOYO A LA INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL POBLACIONAL SOBRE *Rugulopteryx*.

La apuesta por la investigación para corregir las debilidades detectadas es una oportunidad de posicionamiento estratégico en Andalucía. Existen diversas líneas en las que se puede avanzar, entre las que estarían el control natural por herbivoría y autoregulación ecológica, el control de la dispersión o la gestión de la biomasa, entre otras; además de aprovechar el potencial de las líneas de investigación ya abiertas en Andalucía.

### AFRONTAR AMENAZAS: ESTRATEGIAS CAME DE SUPERVIVENCIA

1. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA INVASIÓN.

En relación con el control de la invasión se debe trabajar en la recopilación e integración de toda la información ambiental generada en los distintas Entidades, Planes y Programas para mantener actualizada y cartografiada la distribución de la especie en la costa andaluza y las zonas de acumulo de arribazones.

Por otro lado, lo relativo a la protección de especies sensibles y ecosistemas de interés, formará parte del Plan de recuperación y conservación de invertebrados amenazados y fanerogramas del medio marino (Programa



de gestión sostenible del medio marino andaluz), que permite realizar el seguimiento de afecciones al medio ambiente marino y litoral.

## **MANTENER FORTALEZAS: ESTRATEGIAS CAME DEFENSIVAS**

### **1. INTEGRACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN EN LOS PLANES Y PROGRAMAS YA EN FUNCIONAMIENTO**

El plan de acción final se debe integrar en el conjunto de actuaciones y protocolos de los Planes y Programas ambientales propios de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente.

## **EXPLOTAR OPORTUNIDADES: ESTRATEGIAS CAME OFENSIVAS**

### **1. DEFINIR METODOLOGÍAS Y RECOMENDACIONES**

El presente Plan de Gestión pretende definir protocolos y recomendaciones para la gestión de la biomasa, principalmente en lo relativo a la recogida, así como en los mecanismos de inactivación de los restos mediante el fomento de la investigación, lo que facilitará su valorización, como medida de apoyo a la mitigación de los impactos que produce la especie en los sectores afectados.

### **2. CARENCIAS RELACIONADAS CON LA GESTIÓN DE LA BIOMASA ACUMULADA**

Desde 2016 a 2022, se dispone de un total de 89 observaciones de arribazones en 41 playas diferentes en la costa andaluza. Esta información permite conocer el alcance del fenómeno a nivel territorial y las playas que se han encontrado en algún momento afectadas. Estos datos se encuentran disponible en la Red de Información Ambiental de Andalucía. No obstante, la información sobre arribazones de *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía es incompleta, sólo se conoce el alcance a nivel territorial, las playas afectadas normalmente, pero no existe ninguna cuantificación ni estudio estacional. Es necesario continuar trabajando para completar el mapa de observaciones y ampliar la información disponible de biomasa acumulada y establecer metodologías para su cuantificación.



## BLOQUE EJECUTIVO. PLAN DE ACCIÓN

### PRINCIPIOS DEL PLAN DE ACCIÓN

Siguiendo los principios básicos establecidos en la normativa vigente y de la *Estrategia de control del alga Rugulopteryx okamurae en España*, así como las competencias en la materia de esta Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, el Plan de acción se orienta a través de las líneas estratégicas propuestas, tal y como se indica a continuación.

#### **L.E.1. INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO**

En relación con la evolución de la dinámica poblacional en la costa andaluza, algunos estudios sobre otras algas invasoras han registrado declives poblacionales importantes después de un periodo de expansión inicial, conducente a la integración más equilibrada de la población dentro de la comunidad local de macroalgas.

Ante ésta y otras incertidumbres sobre la evolución poblacional de la especie en la costa andaluza, se necesita potenciar las líneas de investigación que puedan profundizar en el conocimiento de los factores biológicos y antrópicos que puedan condicionar la dinámica poblacional, necesaria para la aplicación *a posteriori* en una gestión más eficaz y coherente de ésta, y de otras especies invasoras marinas.

En definitiva, el apoyo a la investigación científica (tanto básica como aplicada) es un pilar fundamental del presente Plan de Gestión.

#### **Acción 1.1. Apoyo a la investigación, desarrollo e innovación.**

En general, el impulso a las actividades de investigación, desarrollo e innovación es clave para conocer los factores ecológicos y la dinámica poblacional de esta especie invasora para poder garantizar una adecuada gestión en el futuro, tanto para identificar sus vectores de dispersión, limitar o mitigar su expansión, así como para poder explicar o prever comportamiento poblacionales explosivos o implosivos registrados en otras especies invasoras marinas. En este sentido, además de continuar con las líneas de investigación en marcha, pueden potenciarse líneas adicionales de investigación.

Una posible línea estaría relacionada con la investigación sobre las ventanas de invasividad en el espacio y tiempo de *Rugulopteryx*, así como el modelado de dispersión de la especie en la costa andaluza. Esto permitirá avanzar en una preparación anticipada para una mejor gestión, y por tanto un mejor uso de los recursos disponibles. El conocimiento de los patrones estacionales de la actividad vegetativa y reproductiva de la especie puede ayudar a identificar los momentos en que *Rugulopteryx* ejerce una mayor presión de propágulos sobre las comunidades nativas, y al mismo tiempo, los momentos en que la especie está menos activa vegetativamente. Los modelos predictivos de *Rugulopteryx* permiten señalar posibles nuevas áreas de introducción de la especie, como se ha confirmado con los modelos realizados con *Rugulopteryx* (Muñoz et al. 2019). Estos



modelos de predicción también permitirían realizar estimaciones en relación con la cantidad de acúmulos de biomasa previsible.

Otra estaría relacionada con la investigación del control biológico por herbivoría. Comprobado la capacidad competitiva y de expansión y dispersión de *Rugulopteryx*, las investigaciones sobre control biológico por herbivoría pueden ser una buena baza para controlar esta especie invasora en otras zonas aún no invadidas o con presencia aún minoritaria de la especie, ya que el control antropogénico a gran escala de esta especie una vez consolidadas las poblaciones se antoja prácticamente imposible, más allá de zonas muy acotadas (ej. puertos, hábitat de interés o zonas con presencia de especies sensibles).

Otra posible línea estaría relacionada con la Investigación de posibles aplicaciones y de valorización de la biomasa de la *Rugulopteryx*. Hay estudios que profundizan en sus usos potenciales <sup>7</sup>, como su impacto para la producción de biogás, compostaje, bioplásticos y fines farmacéuticos, destacando sus potenciales actividades antiinflamatorias, antibacterianas e inhibidoras de la glucosidad. Hay otros estudios que se han centrado en la valorización de *Rugulopteryx* a través del co-compostaje con alpeorujo <sup>8</sup>.

## L.E.2. VIGILANCIA, SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA INVASIÓN.

El seguimiento y monitorización de las poblaciones ya establecidas de *Rugulopteryx* y áreas adyacentes, es esencial para predecir, controlar y mitigar la probable ampliación de su área de distribución hacia áreas marinas y litorales colindantes. Adicionalmente, este seguimiento permitiría implementar medidas de prevención en aquellas zonas de elevado interés para la conservación, antes de que la especie llegue, así como informar a los actores de los sectores implicados.

Es fundamental aprovechar la sinergia que puede proporcionar la coordinación con recursos de Planes, Programas y Actuaciones ya en funcionamiento de la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, tanto propios como externalizados, que puedan facilitar la información por ellos recopilada y permitan implementar nuevos protocolos de actuación dentro de sus líneas de trabajo.

Por otro lado, la información cartográfica relativa a *Rugulopteryx*, levantada en el marco del Plan de Recuperación y Conservación de Invertebrados Amenazados y Fanerógamas del Medio Marino, se integra en la Red de Información Ambiental de Andalucía como fuente oficial de información ambiental.

Cabe mencionar también que la Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad en colaboración con la Agencia AMAYA, mantienen un *Plan de Seguimiento de Rugulopteryx okamurae*, integrado dentro del *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz* (PGSMM).

En este sentido se debe dar apoyo en las siguientes líneas de trabajo:

<sup>7</sup> A Concise Review on the Potential Applications of *Rugulopteryx okamurae* Macroalgae by Ligia Barcellos <sup>1</sup>,\*ORCID, Christopher K. Pham <sup>2</sup>ORCID, Gui Menezes <sup>2</sup>ORCID, Raúl Bettencourt <sup>2</sup>ORCID, Nieta Rocha <sup>3</sup>ORCID, Miguel Carvalho <sup>1</sup>ORCID and Helena P. Felgueiras <sup>1</sup>,\*ORCID

<sup>8</sup> Valorización mediante co-compostaje de alpeorujo y *Rugulopteryx okamurae*: Obtención de enmienda orgánica y eliminación de un creciente problema ambiental M<sup>a</sup> Carmen Gutiérrez [1]; Arturo Fco Chica [1]; Bárbara Rincón [2]; Inmaculada Bellido [1]; M<sup>a</sup> Luisa López-Campaña [1]; M<sup>a</sup> Ángeles Martín [1]



- Apoyo a la Red de Detección Temprana ya en funcionamiento dentro del *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz* (PGSMMA).
- Cartografía y seguimiento de la invasión en el área del Estrecho y otras zonas fuertemente afectadas.
- Apoyo al estudio y la investigación de las afectaciones sobre especies amenazadas.
- Difusión y puesta en valor de los avances del conocimiento relacionados con la invasión de *Rugulopteryx okamurae*, dentro de las *Actuaciones de difusión, sensibilización y participación en medio marino* del PGSMMA.

Así, se proponen las siguientes acciones dentro de esta línea estratégica:

### **Acción 2.1: Apoyo al Protocolo de Emergencia y Plan de Alerta Temprana en la detección de especies exóticas marinas de PGSMMA**

Estaría integrado dentro del *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz* (PGSMMA), y permite detectar la presencia de una nueva población de la especie en una ubicación alejada de su rango actual de distribución donde la especie no había sido citada todavía, en un área marina protegida donde no estaba citada, o que amenace alguna población de una especie protegida.

Estos esfuerzos en la detección temprana se priorizarán en las áreas de mayor riesgo de invasión y otras áreas de interés, esto es:

- En los límites oriental y occidental de las poblaciones ya registradas en Andalucía.
- Entorno a Área Marinas protegidas o a poblaciones de especies amenazadas.
- Otros posibles entornos

Dentro de esta acción estaría también incluido el apoyo a nuevas metodologías para la detección temprana, como es el caso de la metodología SBPQ (García-Gómez, 2015; García- Gómez et al., 2020a). Esta técnica está basada en el seguimiento de estaciones intencionadamente situadas en puntos de interés, y ha permitido tanto identificar el momento de aparición de la especie en la isla de Tarifa (García-Gómez et al., 2020b) como llevar a cabo el seguimiento del estado de invasión hasta el año 2020 (García- Gómez et al., 2021b)<sup>9</sup>.

### **Acción n.º 2.2: Plan de Seguimiento y Control de la Invasión de *Rugulopteryx okamurae***

Implica actuaciones integradas dentro del *Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino Andaluz* (PGSMMA), en concreto las correspondientes a:

1. *Programa de inspecciones y prospección en el medio marino y litoral andaluz.*

Implica la actualización continua de la presencia de *Rugulopteryx* en Andalucía. La planificación de estas prospecciones tendrá en cuenta los registros actualizados detectados de la presencia de la especie, y las directrices recogidas en el *Anexo II de dicho Programa: Protocolo de planificación de las actuaciones de seguimiento en las poblaciones de *Rugulopteryx okamurae**.

<sup>9</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamurae* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022 (2022).



**Figura nº 8. Abundancia de la especie asentada en el sustrato hasta mayo de 2025 en base a las observaciones del Programa de Gestión Sostenible del Medio Marino. En blanco las observaciones corresponden a ausencia de la especie en localidades donde se ha realizado búsqueda**

## 2. Programa de mitigación y seguimiento de afectaciones al medio natural

La relación entre la invasividad de *Rugulopteryx* y el estado de conservación de las comunidades receptoras no es bien conocida aún. La especie ha invadido tanto hábitats bien conservados, como otros que habían sido invadidos previamente por otras especies de macroalgas. Sin embargo, perturbaciones puntuales, ligadas a la actividad humana pueden ofrecer ventanas de vulnerabilidad de los ecosistemas nativos frente a *Rugulopteryx*. En este sentido se debe considerar la conservación y restauración de las comunidades nativas, y el control de sus perturbaciones, como una herramienta más de gestión de la especie invasora<sup>10</sup>.

Se utilizará como referencia para la priorización de actuaciones aquéllas que puedan tener ámbitos de aplicación comunes con el *Plan de Recuperación y Conservación de Invertebrados Amenazados y Fanerógamas del Medio Marino*, aprobado mediante Acuerdo de 7 de noviembre de 2017, del Consejo de Gobierno.

A este respecto destacan de modo especial los trabajos de seguimiento y conservación entono al invertebrado en peligro de extinción *Patella ferruginea*, cuya distribución limitada se encuentra en su totalidad dentro del área de invasión de *Rugulopteryx*, y en zonas que presentan tasas de cobertura extraordinariamente altas.

En concreto se llevarán a cabo:

- Seguimientos específicos entorno a poblaciones de especies o hábitats protegidos susceptibles de ser afectadas por los arribazones del alga exótica.

<sup>10</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamurae* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022 (2022).

- Seguimiento de la invasión en el área del Parque Natural del Estrecho, llevándose a cabo cartografías de detalle de la especie cada 5 años y realizando una valoración de su afección al medio natural.
- Inspecciones periódicas por el litoral de la Bahía de Algeciras recorriendo la línea de costa en aquellas localidades con poblaciones de *Patella ferruginea* bien estructuradas y susceptibles de ser afectadas por los arribazones del alga exótica.

### Acción 2.3: Actualización cartográfica de las poblaciones y arribazones de *Rugulopteryx okamurae*

Recopilación y actualización de la información cartográfica generada en Andalucía por las diferentes acciones (Proyectos, Programas o Planes), para su posterior integración en el *Visor del Litoral de la REDIAM* de toda la información que se genere.

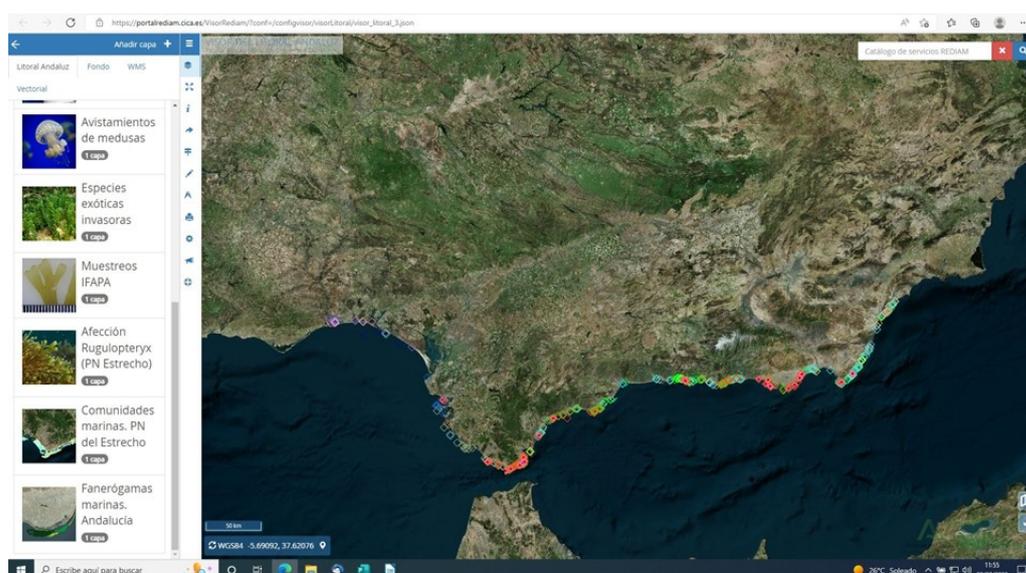


Figura nº 9. Visor litoral de la REDIAM.

### Acción 2.4: Medidas para el apoyo y fomento del Control biológico de *Rugulopteryx okamurae* por herbivoría

Planificación de actuaciones encaminadas a la defensa y fomento de las poblaciones de especies herbívoras de las que se tenga evidencias de consumo de *Rugulopteryx*, con el fin de potenciar la regulación ecológica y/o contención de las poblaciones asentadas del alga invasora por medios naturales.



Es de destacar a este respecto el caso del erizo de mar (*Paracentrotus lividus*), especie de la que se tiene constancia de ejercer herbivoría sobre el alga invasora. En el IFAPA – Los Toruños (Pto Santa María – Cádiz) se está desarrollando una línea de investigación al respecto del papel ecológico que pueda desarrollar el erizo de mar en la regulación de las poblaciones de *Rugulopteryx*.

### **L.E.3. COMUNICACIÓN, SENSIBILIZACIÓN, EDUCACIÓN Y FORMACIÓN**

**Acción 3.1: Puesta a disposición pública de la información ambiental generada en relación con la *Rugulopteryx okamurae***, a través de la Red de Información Ambiental y del Portal de Información Ambiental de Andalucía

Incluyendo la información cartográfica generada a través de las distintas planes, programas y actuaciones; e integrada en el Visor del Litoral de la *Red de Información Ambiental de Andalucía* (REDIAM).

**Acción 3.2: Realización de actividades de sensibilización y concienciación ambiental** sobre la especie y buenas prácticas destinadas a sectores productivos afectados, turistas, y ciudadanía en general.

### **L.E.4. GESTIÓN DE LA BIOMASA**

**Acción 4.1: Definición de los protocolos y recomendaciones para el manejo de la biomasa de *Rugulopteryx okamurae*.**

Es necesario definir los protocolos adecuados para minimizar las posibles afecciones a la biodiversidad que pueda provocar un manejo inadecuado de la especie. En este sentido, a continuación se realiza una recomendación sobre la **METODOLOGÍAS DE CARACTERIZACIÓN, MANEJO Y TRATAMIENTOS DE LA BIOMASA DE RUGULOPTERYX OKAMURAE:**

#### **REQUISITOS ADMINISTRATIVOS PARA EL MANEJO DE LA BIOMASA**

Como se ha indicado anteriormente, el Reglamento (UE) n.º 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras (DOUE núm. 317/35 de 04/11/2014) establece restricciones en relación a la tenencia y manejo de estas especies en su Artículo 7, exceptuando el “transporte de especies hasta instalaciones en el contexto de la erradicación”.

Por otro lado, la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx* en España (Estrategia nacional) recomienda, que la recogida de material de arribazón depositado en el litoral solo deberá ser responsabilidad de la administración competente en el contexto de los Planes de Gestión de biomasa de *Rugulopteryx okamurae*, con la única



finalidad de mantenimiento de los servicios recreacionales de las playas, del buen estado ecológico del litoral y el control poblacional de la especie.

Por otro lado, el artículo 225.d del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, establece que entre las competencias municipales está: “Mantener las playas y lugares públicos de baño en las debidas condiciones de limpieza, higiene y salubridad ...”. En este contexto, serían por tanto los ayuntamientos los encargados de la retirada de acumulaciones de biomasa en las playas, sin perjuicio de los diferentes mecanismos de colaboración que dichas entidades locales puedan formalizar con terceros, en el desarrollo de sus competencias

La gestión de la biomasa debe incluir su retirada de las playas hasta una zona de acopio, para su posterior destrucción, inactivación y posible valorización, tal y como se indica en la Estrategia nacional. En dicha Estrategia se indica así mismo que *“...con vistas a una posible valorización de la biomasa retirada, y con el fin de facilitar la tramitación normativa de su uso, es de interés que esta biomasa, una vez retirada, pueda sufrir algún proceso que la inactive por completo biológicamente y con ello elimine su potencial invasor...”*

En relación con la posible valorización de restos no inactivados, la Estrategia nacional establece que, a riesgo de que dicha valorización pudiese promocionar el establecimiento de nuevas poblaciones, la autorización del uso de la biomasa debe llevarse a cabo en los supuestos de los Artículos 8 y 9 del Reglamento 1143/2014, solicitando los permisos y autorizaciones indicados en cada uno de ellos para el uso correspondiente.

La recolecta de biomasa deberá llevarse a cabo de acuerdo a lo establecido en la Estrategia nacional y a lo indicado en el presente Plan de Gestión (*“Protocolo recomendado para la retirada de Biomasa de arribazones”*).

Los medios permitidos para la recolecta de biomasa serán de naturaleza manual o mecánica y con la mínima alteración e impacto sobre el medio abiótico y biótico:

- Recolecta manual de biomasa, medio selectivo que permite la extracción exclusiva de *Rugulopteryx*, y, por tanto, con el menor impacto posible sobre el resto de organismos vivos de las comunidades nativas.
- Recogida mecánica mediante maquinaria de bajo impacto para la retirada masiva de biomasa en forma de arribazones en playas.

Los medios permitidos para la retirada de biomasa de la columna de agua sólo se contemplan en el ámbito del desarrollo de ensayos para el control y la erradicación, y a fin de evaluar su eficacia.

El transporte de la biomasa retirada se hará directamente desde el lugar de recolección hasta el centro donde se realice su inactivación biológica; para ello se emplearán vehículos y contenedores adaptados y con los elementos adecuados para garantizar que no se produzcan pérdidas durante los trayectos.

Igualmente, los equipos y contenedores empleados deberán ser lavados convenientemente y desprovistos de cualquier resto o propágulo de la especie previo a su desplazamiento a nuevos puntos de recolecta. En ningún caso la biomasa recolectada podrá ser transportada en fresco fuera de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

La inactivación biológica de la biomasa retirada deberá garantizar la pérdida total del potencial biológico contenido en la biomasa retirada y deberá llevarse a cabo mediante procesos de tratamiento físico, químico o biológico. La biomasa en bruto recolectada no podrá salir de la Comunidad Autónoma de Andalucía para su desactivación biológica.



## PROTOCOLO RECOMENDADO PARA LA RETIRADA DE BIOMASA DE ARRIBAZONES

Se recomienda seguir los protocolos establecidos a tal efecto en la Estrategia de control del alga *Rugulopteryx*<sup>11</sup> en España y lo recogido en el presente protocolo.

Con carácter general, no se recomienda la retirada de arribazones del agua, puesto que, dada la naturaleza de la especie, no tiende a flotar sino a decantar, y solo por el movimiento de las olas vuelve a la columna de agua, lo que hace muy difícil una retirada eficiente. Además, se corre el riesgo de sacar del agua otras especies. Es preferible retirar la biomasa una vez arrojada en zona emergida. El uso de barreras flotantes tampoco es aconsejable por lo expuesto anteriormente<sup>12</sup>.

Hay que decir que no hay ninguna medida que se adapte a todas las circunstancias para la retirada de arribazones, y antes de llevar a cabo alguna acción hay que evaluar los factores en cada caso (espaciales, temporales, biológicos y de logística). En este contexto, dependiendo del objetivo, en algunos casos no será necesaria la retirada completa de los arribazones de la costa. Así, en el caso de que se trate de pequeñas cantidades y en determinadas condiciones, tal y como se indica en la Estrategia nacional, estas pequeñas cantidades pueden tener un efecto beneficioso enriqueciendo y estabilizando el entorno.

Algunos de los criterios generales a considerar en el caso de la gestión de la biomasa son:

1. El personal que ejecute las retiradas, tanto manuales como mecánicas, deberán realizar dichas tareas evitando la erosión de la playa e impacto sobre las especies y comunidades.
2. La retirada manual se ejecutará en casos de arribazones de poco volumen continuo o discontinuo, en los que no sea necesaria una plantilla numerosa de operarios, y/o en lugares de difícil acceso con vehículos, en zonas de nidificación o en presencia de especies sensibles o protegidas.

Se recomienda el empleo de rastrillos o layas para heno especialmente diseñados con dientes hacia arriba para minimizar el impacto sobre el sustrato. Siempre hay que evitar dañar la vegetación si la hubiere.

La biomasa recogida se introducirá preferentemente en sacos que permitan la aireación de la biomasa recogida. En caso de usar bolsas de plástico es importante tener en cuenta que el plástico va a favorecer los procesos de fermentación, por lo que es conveniente que su estancia sea por tiempo limitado, hasta su depósito y/o secado en lugares convenientemente habilitados para ello.

Dado que aún no se dispone de información sobre la naturaleza química de las emanaciones gaseosas de los arribazones de *Rugulopteryx*, y de cara a la seguridad de los equipos encargados y de las personas usuarias se 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 (Querellou et al. 2005), irritación de las vías respiratorias altas, dolor de cabeza, síndrome vestibular o pérdida de memoria (Resiere

11 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamuræ* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022. (2022).

12 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamuræ* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022. (2022)



et al. 2018, 2019). De igual manera, se prestará atención a cualquier indicio de intoxicación de organismos en la columna de agua, que puedan aparecer muertos o no en la playa<sup>13</sup>.

3. La retirada mecánica se empleará para los casos de arribazones de gran volumen, y a ser posible, se realizará cuanto antes tras la deposición de la biomasa sobre la playa. En esta fase se recomienda el empleo de maquinaria específica que permita el cribado *in situ*, para minimizar la masa de arena/suelo desde un principio.

Se calcula que se pierden entre 19 y 44 m<sup>3</sup> de sedimentos por cada 1000 m<sup>3</sup> de arribazón extraída<sup>14</sup>, especialmente cuando la recogida se lleva a cabo con máquinas pesadas sin sistemas de rejilla ni rejos en la parte inferior. Esto puede desequilibrar en el largo plazo el ecosistema y balance de la playa, por lo que la eliminación de arena en origen es esencial, tanto por criterios de sostenibilidad, y de calidad del producto, así como por criterios de eficiencia en el transporte, para agilizar y abaratar los costes de la extracción y retirada.

La biomasa acumulada se cargará en camiones con cubas, que deberán ser pesados en el sitio de acopio o destrucción para ayudar a la trazabilidad de los arribazones y conocer la cantidad retirada en cada caso.

4. Se establece como bases generales a seguir en el proceso de extracción y depósito<sup>15</sup>:

- En las playas que posean sistemas de dunas, se establecerán franjas de reserva (3 -5 m), para evitar afectaciones sobre el sistema dunar. En estas franjas la limpieza será manual y selectiva.
- En las playas de cantos rodados el alga se retirará de manera manual cuando no sea posible su extracción sin afectar negativamente a los sedimentos de dicha playa. Previamente deberá haberse comprobado la imposibilidad de utilizar maquinaria específica de limpieza de playas que, como se detalla más adelante, pueden utilizarse en estos casos levantando suficientemente los aperos sobre la superficie.
- En el caso de no utilizar maquinaria especializada para la retirada de algas con cribado de arena, será recomendable levantar unos centímetros los aperos, especialmente importante si la maquinaria no dispone de sistema de rejos inferiores que permitan el paso de la arena o gravas.
- En cualquier caso, es de destacar la disponibilidad en el mercado de maquinaria especializada para la retirada selectiva de residuos de las playas. Esta maquinaria dispone de sistema de filtrado y cribado de arena, que devuelve al medio en el acto, y que mejora la eficacia y eficiencia del proceso de extracción de la biomasa de los arribazones de algas.
- Es importante tener en cuenta que las cantidades y frecuencia de biomasa a retirar a la hora de seleccionar los modelos de maquinaria; así como tener en cuenta la posibilidad de descarga en altura para el vaciado sobre contenedores en camiones. La anchura de la franja de trabajo es también importante a determinar acorde a las dimensiones de la playa y la capacidad de limpieza de cada modelo; según la superficie a limpiar. A modo de referencia se pueden encontrar en el mercado modelos con capacidades de limpieza de 2'8 o 3'6 Ha/h.

13 Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Estrategia del Control del Alga *Rugulopteryx okamurae* en España. Conferencia Sectorial del 28 de julio de 2022. (2022).

14 Gómez Obregón, M; López Martínez, P.A. Proyecto Limu: Creación del Servicio de Eliminación y Procesamiento del Alga Invasora del Estrecho de Gibraltar. Univ. Europea de Valencia. (2022)

15 Gómez Obregón, M; López Martínez, P.A. Proyecto Limu: Creación del Servicio de Eliminación y Procesamiento del Alga Invasora del Estrecho de Gibraltar. Univ. Europea de Valencia. (2022)

*Maquinara específica “limpia playas” con elevador para descarga directa en cubas y contenedores.*



La mayor parte de los modelos de estas maquinarias sirven, además, complementariamente, para la limpieza de una gran diversidad de residuos (piedras, basura...; algunos incluso restos de chapapote o petróleo “coagulado”).

En el caso de no disponer de maquinaria de limpieza específica, y de tener que utilizarse maquinaria convencional; es muy recomendable, el empleo de aperos con rejillas y/o enrejados que minimicen el acúmulo de arena junto con los restos de algas.



Aperos con sistemas de rejilla o rejos para reducir *in situ* la cantidad de arena contenida en la biomasa extraída.

En caso de no disponer de rejos inferiores que faciliten el paso de la arena a su través, será recomendable levantar las palas unos cm sobre la superficie para minimizar la cantidad de arena retirada.

Cuando se emplee maquinaria convencional, es conveniente el cribado - preferentemente en la misma playa -, pues el cribado o el lavado *ex situ* de la biomasa retirada para eliminar el excedente de arena y otros restos, debe ser siempre contemplado como última opción, por las mayores afectaciones medioambientales y la menor eficiencia de este procedimiento.



*Retroexcavadora - Accesorios de cribado para cucharón (izqda.) y pala (drcha.)*

5. La retirada de la biomasa de los arribazones por parte de los Ayuntamientos, Mancomunidades, empresas concesionarias de la retirada de residuos o por aquellas entidades que puedan llevar a cabo dicha actividad en el ámbito del desarrollo de estas competencias municipales, se deberá llevar hasta un primer centro de almacenamiento local cercano a las zonas de extracción para agilizar y abaratar el proceso. En estas zonas se procederá, en caso de ser necesario, a una segunda reducción del contenido en arena/suelo mediante cribado o lavado, según el caso y el tipo de aprovechamiento posterior.

Posteriormente se procederá al secado de la biomasa, según las orientaciones recogidas en el apartado de *“MÉTODOS DE SECADO DE LA BIOMASA DE ALGAS”*.

Preferentemente, no deberán mezclarse restos de diferentes retiradas, con el objeto de mantener la trazabilidad de cada una de ellas hasta su destino final, así como permitir que cada acopio sufra sin interrupción su proceso de secado, optimizando los recursos empleados para ello. La biomasa resultante, tras el tratamiento de secado, si no existiera demanda de esta o protocolo de inactivación de la biomasa para su posterior aprovechamiento, es aconsejable eliminarla por combustión en caldera o *in situ*, en caso de pequeñas cantidades, proponiéndose siempre que sea posible su aprovechamiento energético como fuente de biomasa.

#### **PROTOCOLO DE RETIRADA DE BIOMASA DESDE INSTALACIONES PORTUARIAS**

Los restos de biomasa retirados de las artes de pesca, embarcaciones o de las propias instalaciones portuarias deben acumularse en contenedores específicos, evitándose en todo momento la fuga de restos o lixiviados al medio marino en el interior del puerto, ya que éstos podrían ser el foco de nuevas invasiones - inicialmente por asentamiento en el interior del puerto -, que pueda servir posteriormente de lanzadera al medio marino exterior circundante.

La retirada de estos contenedores de la biomasa acopiada en puerto será retirada a los centros de secado e inactivación habilitados; y asimilándose esta biomasa a aquella que se haya generado desde arribazones de playas.



## **DESINFECCIÓN DE CONTENEDORES, CUBAS DE TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS**

En caso de cambiar la zona de actuación o uso de los contenedores, las cubas de transporte y las herramientas se recomienda la desinfección para evitar la dispersión de propágulos. Como métodos inicialmente propuestos se recomienda las desinfecciones mediante inmersión durante varias horas en agua con lejía (hipoclorito sódico) o cloro sólido (hipoclorito cálcico); o la pulverización abundante como método alternativo, como se indica más adelante. Los ensayos con lejía al 5% han registrado una toxicidad alta en pocas horas. Este método puede emplearse también para desinfectar los equipos o las artes de pesca al finalizar la jornada de trabajo, teniendo precaución de lavar con agua dulce o marina al final del proceso, en caso de materiales que puedan sufrir oxidación.

En el caso de las artes de pesca desinfectadas, no es necesario que sean lavadas en el puerto para evitar los lixiviados en el agua el medio acotado del interior del puerto que puede dar mejor acogida a propágulos no inertizados. Las artes pueden volver a utilizarse directamente en mar abierto donde la masa de agua es ilimitada, favoreciendo así la dilución de los restos de reactivo que pudieran mojar aún los aperos y las artes de pesca. Además, en caso de utilizarse compuestos de cloro como reactivo desinfectante, los residuos generados tras la inactivación del reactivo van a ser principalmente sales de cloruro; la sal más abundante del agua de mar por lo que, previsiblemente, no generarán afectaciones significativas al ser diluidas en mar abierto.

## **CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA LA EXTRACCIÓN DE PRINCIPIOS ACTIVOS DESDE LA BIOMASA DE ARRIBAZONES**<sup>16</sup>

1. Los arribazones deben ser recogidas en un máximo de 48 horas durante la temporada alta de baño y de 72 horas durante la temporada media, aunque estos plazos pueden variar dependiendo de la estabilidad del compuesto químico de que se trate.
2. La recogida se realizará de abril a octubre por los motivos ya explicados anteriormente, preferentemente en el horario de mañana para evitar afectaciones con la actividad turística.
3. En caso de ser necesario para el aprovechamiento previsto, las algas se remojarán en agua durante 20 minutos para retirar arena y otros residuos.
4. El tiempo mínimo de secado será de 24 horas y el máximo de 36 horas. Este plazo puede ser alterado si el secado es “al natural”, o si se emplea algún otro tipo de método de secado.
5. Molido de la biomasa seca para su almacenamiento y posterior uso en los distintos aprovechamientos potenciales.

## **PROTOCOLO DE EMPLEO DE LA BIOMASA RETIRADA PARA COMPOSTAJE Y FERTILIZANTES**

1. Una vez seco y reducido su contenido en arenas, se procede al posterior traslado de la biomasa seca a un centro de compostaje autorizado que puede dar servicio a escala comarcal o supra comarcal (a valorar y de acuerdo a las consideraciones en relación con la valorización de la biomasa anteriormente mencionadas).

<sup>16</sup> Gómez Obregón, M; López Martínez, P.A. Proyecto Limu: Creación del Servicio de Eliminación y Procesamiento del Alga Invasora del Estrecho de Gibraltar. Univ. Europea de Valencia. (2022)



2. Cada centro de compostaje debe estar estratégicamente situado igualmente con respecto a la fuente de biomasa alga, así como a la fuente de la materia vegetal necesaria como cosustrato para el compostaje.
- Es necesario tener residuos vegetales de poda, jardinería o cultivos que equilibren la baja relación C:N, y la alta conductividad de la biomasa de *Rugulopteryx okamurae*.
  - Los restos hortícolas tienen una relación C:N también baja y una más alta conductividad, por lo que requiere un ajuste de las proporciones a utilizar.
3. El proceso de compostaje se ha comprobado viable a escala industrial, según se desprende de la experiencia piloto llevada a cabo por el centro IFAPA-La Mojonera. De hecho, el proceso de compostaje de algas presenta menores problemas técnicos para empresas del sector que otros productos habitualmente compostados.

## MÉTODOS DE SECADO DE LA BIOMASA DE ALGAS <sup>17</sup>

Los métodos de secado a emplear irán en consonancia con el aprovechamiento al que está destinada la biomasa del alga. Uno de los criterios fundamentales será si la biomasa puede tener restos inorgánicos o impurezas recogidas en el proceso de extracción; arena, tierra o suelo; típicamente.

### A) SECADO “AL NATURAL”

Utilizan la ventilación y las condiciones atmosféricas naturales. Existen métodos de secado tradicional que permiten mantener las algas en buen estado durante años y facilitan el almacenaje y el transporte a temperatura ambiente.

- **CON lavado previo de la biomasa**

En estas metodologías la biomasa puede lavarse con agua salada, y seguida y adicionalmente también con agua dulce - según el aprovechamiento a que sea destinado -, para retirar cualquiera otro resto o impurezas previa al proceso de secado.

- **SIN lavado previo de la biomasa**

Puede secarse directamente en el suelo y pueden contener resto e impurezas recogidas en el proceso de extracción. Para reducir su volumen y facilitar su acúmulo, se tratará de favorecer su pérdida de humedad y viabilidad, mediante un proceso de secado al aire con ventilación, extendiéndola en la mayor superficie posible con un grosor no mayor de 10 cm; en la medida de lo posible se evitará su amontonamiento, que puede favorecer procesos de combustión interna

---

<sup>17</sup> Gómez Obregón, M; López Martínez, P.A. Proyecto Limu: Creación del Servicio de Eliminación y Procesamiento del Alga Invasora del Estrecho de Gibraltar. Univ. Europea de Valencia. (2022)



En la medida de lo posible, no deberán mezclarse restos de diferentes extracciones, para mantener la trazabilidad de cada una de ellas hasta su destino final, así como permitir que cada acopio sufra sin interrupción su proceso de secado, optimizando los recursos empleados para ello.

## B) SECADO ACELERADO

Para acelerar el secado de la biomasa del alga preservando los principios activos, nutrientes, color, sabor y aroma; se puede emplear invernaderos fabricados con paneles de policarbonato. Este material permite penetración de la luz, desviando el 99.9% de los rayos ultravioletas perjudiciales, que descomponen los principios activos.

Adicionalmente a métodos de secado “natural”, existen distintos procedimientos que pueden acelerar el proceso de secado, preservando de manera más eficaz sus propiedades. Encontrar el procedimiento más adecuado para desarrollar el procesamiento de un alga es complejo, dependiendo del tipo de alga y del uso que se le pretende dar. Entre los métodos de secado acelerado, más frecuentes, encontramos:

### 1. Secado por ventana refractante.

En este método el calor se transfiere de tal manera que las propiedades específicas del alga se conservan a la vez que la humedad es eliminada, respetando la calidad e integridad de la biomasa. El alga se separa del agua mediante una membrana de plástico que refracta el calor de la evaporación del agua al alga, colocada sobre ella. Lo que activa un proceso en el que un material húmedo bruto se calienta y evapora su agua al entrar en contacto con el calor.

### 2. Deshidratación bioactiva.

Este proceso somete al alga a bajas temperaturas en una cámara llena de gas inerte que repele oxígeno. Durante un tiempo menor a los dos minutos, el alga es calentada a 37 grados. La finalidad del gas inerte en el proceso es evitar que el alga se degrade debido a la oxidación, preservando así los nutrientes, color, sabor y aroma.

### 3. Secado en congelador.

En primer lugar, el alga es congelada, posteriormente, se transfiere a una cámara de vacío donde se reduce su presión a 4,6 Torr<sup>5</sup>. Esta presión permite al hielo evaporarse sin pasar por fase líquida, para posteriormente extraer este vapor del condensador. Como resultado, las algas quedan totalmente secas sin perder el valor nutritivo en su totalidad.

### 4. Secado por pulverización de combustión.

En él, se utilizan ráfagas de calor para secar el alga. En la primera fase se expulsa aire a la unidad de secado para posteriormente pasar a la cámara de combustión. Allí se añade combustible que se enciende y explota para crear el aire caliente que seca el alga. Esto se repite varias veces para ir secando la biomasa de manera progresiva y conservar todas sus propiedades (Malysa, 2018).



Estos métodos son frecuentemente utilizados para el uso alimentario de las algas, y pueden ser necesarios para acelerar, preservar y/u optimizar la obtención de algunos de los principios activos que contiene la biomasa algar.

### **USO DE RESTOS DE RUGULOPTERYX OKAMURAE**

Sin perjuicio de los permisos y autorizaciones, para el posible uso o valorización de restos no inactivados, establecidos en el artículo 8 y 9 del Reglamento 1143/2014 del parlamento europeo y del consejo de 22 de octubre de 2014 sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras, que serán otorgadas por las autoridades competentes en base a la legislación vigente y que faculte la Administración General del Estado<sup>18</sup>.

Como se ha indicado a lo largo del presente Plan, la recogida de material de arribazón depositado en el litoral solo deberá ser responsabilidad de los ayuntamientos, en el marco de las competencias que tienen asignadas por el artículo 225 del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, donde entre otras cuestiones se recoge el (...)mantenimiento de las playas y lugares públicos de baño en las debidas condiciones de limpieza, higiene y salubridad(...), y tal como se recoge en la Estrategia Nacional, donde se indica que dicha retirada se realizará con la única finalidad de mantenimiento de los servicios de las playas, del buen estado ecológico del litoral y el control poblacional de la especie, todo ellos **sin perjuicio de los diferentes mecanismos de colaboración que dichas entidades locales puedan formalizar con terceros, en el desarrollo estas competencias.**

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 por parte de las entidades locales se hará en el marco de la gestión de residuos municipales. En el caso de cantidades de alga recepcionadas en los 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.

En función de los volúmenes de biomasa gestionados, la actividad, puede quedar sujeta a distintos instrumentos de prevención ambiental, según la normativa sectorial de aplicación<sup>19</sup>.

18 En la 1ª Reunión del grupo de trabajo de *Rugulopteryx okamurae* y reunión informativa sobre la situación de la especie, de fecha 04/02/2021, se acuerda que la autoridad competente para el otorgamiento de los permisos establecidos en el artículo 8, del Reglamento 1143/2024, corresponderá a la Comunidad Autónoma de Andalucía y las autorizaciones del artículo 9, corresponderá a la Administración General del Estado.

19 Cuando la capacidad de la instalación, supere las 75 toneladas por día, la normativa estatal exige la tramitación de una Autorización Ambiental Integrada. Cuando la capacidad de tratamiento no superior a 5.000 toneladas anuales y almacenamiento inferior a 100 toneladas, la normativa autonómica exige la tramitación de una Calificación Ambiental, y si la actividad se identifica entre los dos supuestos anteriores, estará sometida a Autorización Ambiental Unificada Simplificada.



Los productos obtenidos, una vez finalizado los diferentes procesos de secado, e inactivación biológica descritos en el presente documento, pueden ser transformados por el proceso industrial que le corresponda, ya que dicho producto no provoca efectos adversos sobre la biodiversidad, tal como se indica en el ámbito de la Estrategia Nacional. Tras este proceso de inactivación biológica realizada por gestor autorizado, se deberá obtener el fin de la condición de residuo de acuerdo a la normativa sectorial de aplicación.

En la medida de las posibilidades, lo beneficios de la valorización de los restos inactivados de *Rugulopteryx*, se debería contemplar como medida de apoyo a la mitigación de los impactos que produce la especie en los sectores afectados.

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



### DIAGRAMA DE PROCESOS SEGÚN EL DESTINO DE BIOMASA DE RO

