

# OS RECURSOS MARIÑOS DE GALICIA

Serie técnica - 10

**BASES CIENTÍFICO - TÉCNICAS DAS TAREFAS DE CONSERVACIÓN E RESTAURACIÓN DE BANCOS MARISQUEIROS DESDE UNHA PERSPECTIVA SISTÉMICA**

**BASES CIENTÍFICO - TÉCNICAS DE LAS TAREAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BANCOS MARISQUEROS DESDE UNA PERSPECTIVA SISTÉMICA**

**SCIENTIFIC-TECHNICAL BASIS FOR SHELLFISH GROUND CONSERVATION AND RESTORATION ACTIVITIES USING AN ECOSYSTEM-BASED APPROACH**



---

**Bases científico - técnicas das tarefas de conservación e restauración de bancos marisqueiros desde unha perspectiva sistémica.**

**Bases científico - técnicas de las tareas de conservación y restauración de bancos marisqueros desde una perspectiva sistémica.**

**Scientific-technical basis for shellfish ground conservation and restoration activities using an ecosystem-based approach.**

DOI: 10.5281/zenodo.11076613

CRÉDITOS

Edición:

Centro de Investigacións Mariñas

Autoría:

José Manuel Parada Encisa

Dr. en Bioloxía. Colexiado nº 15637-X

Tradución ao inglés:

Alicia Pallas Lozano - Traducciones Científicas y Técnicas

Fotografía portada:

Embarcacións de marisqueo a flote. Edgar No Couto

Vilanova de Arousa, 2024

**Suxestión de citación:**

Parada, J.M. 2024. Bases científico - técnicas das tarefas de conservación e restauración de bancos marisqueiros desde unha perspectiva sistémica. Os recursos mariños de Galicia. Serie técnica. 10. Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Santiago de Compostela. 133 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11076613>

**Sugerencia de cita:**

Parada, J.M. 2024. Bases científico - técnicas de las tareas de conservación y restauración de bancos marisqueros desde unha perspectiva sistémica. Os recursos mariños de Galicia. Serie técnica. 10. Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Santiago de Compostela. 133 pp.. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11076613>

**Citation suggestion:**

Parada, J.M. 2024. Scientific-technical basis for shellfish ground conservation and restoration activities using an ecosystem-based approach. Os recursos mariños de Galicia. Serie técnica. 10. Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Santiago de Compostela. 133 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11076613>

ISBN: 978-84-453-5489-6

Depósito Legal: C 983-2024

---

## RESUMO

Neste traballo revísanse as relacións entre as características do hábitat e as poboacións bentónicas, así como as técnicas dispoñibles para a restauración das características dos sedimentos para axudar a recuperar a diversidade e a produción das especies explotadas. Os resultados obtidos coa aplicación destas técnicas en Galicia amosan como as modificacións nas características dos sedimentos producen cambios na diversidade vencellados a cambios nas comunidades bentónicas. Así mesmo, sen pretender ser un manual de aplicación destas técnicas, amósase unha serie de medidas e resultados contrastados, que se deben ter en conta á hora de poñelas en práctica. Tamén se amosa o encaixe destas técnicas nunha xestión baseada nunha perspectiva sistémica que teña en conta os compoñentes da infraestrutura azul e dos servizos ecosistémicos.

O traballo divídese en tres bloques. No primeiro, revísase a relación dos medios sedimentarios co hidrodinamismo e a orixe dos sedimentos a partir do modelo de distribución espacial dos sedimentos baseado nas rías de Pontevedra e Aldán e na enseada da Lanzada. A distribución espacial dos tipos sedimentarios depende do tamaño das partículas do sedimento e da súa orixe, e está regulada polo hidrodinamismo. A textura do sedimento, o seu contido en materia orgánica e o seu potencial redox determinan, máis alá da batimetría ou do nivel das mareas, as comunidades bentónicas que os habitan. As comunidades bentónicas caracterízanse por unha certa composición faunística e diversidade biolóxica. As especies de bivalvos comerciais forman parte das comunidades bentónicas e, polo tanto, non son inmunes ás condicións ambientais; en particular ás calidades do sedimento. Así, a distribución e abundancia destas especies veñen determinadas en gran medida polas características do sedimento, que son reflexo das condicións do hábitat e favorecen a unhas ou outras comunidades con maior ou menor diversidade.

Son moitos os parámetros que definen a idoneidade do hábitat para as especies de interese comercial, pero dende o punto de vista das técnicas de restauración do hábitat non todos poden ser controlados. No caso dos organismos bentónicos en xeral e dos bivalvos de interese comercial en particular, os parámetros máis accesibles para a súa modificación ou control están relacionados coa densidade das poboacións e as características e condicións do sedimento. A relación entre as características do sedimento, a diversidade biolóxica que albergan, e a súa idoneidade para acoller as comunidades ás que pertencen as especies de bivalvos de interese comercial, implican que o mantemento das condicións do sedimento vai emparellado coa conservación da diversidade biolóxica e coa produción destas especies. Os organismos formadores de hábitat interveñen en gran medida no mantemento das condicións dos sedimentos. As actividades do marisqueo, extractivas ou non, inciden nas características do sedimento de forma moi semellante ás das especies formadoras de hábitat. En lugares con tendencia á acumulación de sedimentos finos, compactación de sedimentos ou colonización por fauna epibionte, o cese das actividades marisqueiras durante un período de tempo suficiente facilita estes cambios nas condicións do hábitat. Deste xeito, os sedimentos perden a súa aptitude para albergar as comunidades ás que pertencen as especies explotadas, diminúe a súa diversidade faunística e redúcese a produción dos bancos marisqueiros que neles se asentán.

---

As técnicas de restauración dos bancos marisqueiros que se presentan neste traballo non poden substituír as tarefas de mantemento ou conservación das condicións do substrato e o coidado rutineiro dos bancos marisqueiros. Estas tarefas inclúense como parte das tarefas non extractivas das persoas profesionais do marisqueo. A isto hai que engadir unha adecuada xestión dos traballos extractivos para evitar que unha posible perda de produción reduza a frecuencia das tarefas de conservación e provoque unha perda de diversidade e da idoneidade das condicións para acoller as comunidades bentónicas propias das especies de interese marisqueiro. Os traballos de conservación dos bancos marisqueiros e a xestión da extracción son máis económicos e eficaces que os de restauración.

---

## RESUMEN

En este documento se revisan las relaciones entre las características del hábitat y las poblaciones bentónicas, así como las técnicas disponibles para la restauración de las características del sedimento para ayudar a recuperar la diversidad y la producción de las especies explotadas. Los resultados obtenidos con la aplicación de estas técnicas en Galicia muestran cómo las modificaciones en las características del sedimento producen cambios en la diversidad ligados a los cambios en las comunidades bentónicas. Igualmente, sin pretender ser un manual para la aplicación de estas técnicas, se muestran una serie de medidas y de resultados probados, que conviene tener en cuenta a la hora de ponerlas en prácticas. También se muestra el encaje de estas técnicas en una gestión basada en una perspectiva sistémica que tiene en cuenta los componentes de la infraestructura azul y los servicios ecosistémicos.

El trabajo se divide en tres bloques. En el primero se revisa la relación de los ambientes sedimentarios con el hidrodinamismo y el origen de los sedimentos a partir del modelo de distribución espacial de los sedimentos basado en las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. La distribución espacial de los tipos sedimentarios depende del tamaño de partícula del sedimento y de su origen, y es regulada por el hidrodinamismo. La textura del sedimento, su contenido en materia orgánica y su potencial redox determinan, más allá de la batimetría o el nivel mareal, las comunidades bentónicas que los habitan. Las comunidades bentónicas se caracterizan por una determinada composición faunística y una diversidad biológica. Las especies de bivalvos comerciales forman parte de las comunidades bentónicas y, por tanto, no son ajenas a las condiciones ambientales, en particular las cualidades del sedimento. Así, la distribución y abundancia de estas especies están determinadas en gran medida por las características del sedimento, que son un reflejo de las condiciones del hábitat y favorecen a unas u otras comunidades con mayor o menor diversidad.

Son muchos los parámetros que definen la idoneidad del hábitat para las especies de interés comercial, pero desde el punto de vista de las técnicas de restauración de hábitat no todas pueden ser controladas. En el caso de los organismos bentónicos en general y de los bivalvos de interés comercial en particular, los parámetros más accesibles para su modificación o control están en relación con la densidad de las poblaciones y con las características y condiciones del sedimento. La relación entre las características del sedimento, la diversidad biológica que acogen, y su idoneidad para albergar las comunidades a las que pertenecen las especies de bivalvos de interés comercial, implican que el mantenimiento de las condiciones del sedimento es parejo a la conservación de la diversidad biológica y a la producción de estas especies. En el mantenimiento de las condiciones del sedimento intervienen en gran medida los organismos conformadores del hábitat. Las actividades del marisqueo, extractivas o no, tienen un efecto sobre las características del sedimento, muy semejante al de las especies conformadoras de hábitat. En lugares con tendencia a la acumulación de sedimentos finos, a la compactación del sedimento o a la colonización por fauna epibionte, el cese de las actividades propias del marisqueo durante un período de tiempo suficiente facilita estos cambios en las condiciones del hábitat. De esta forma, los sedimentos pierden su idoneidad para albergar las comunidades a las que pertenecen las especies explotadas, disminuyen su diversidad faunística y se reducen la producción de los bancos marisqueros que se asientan en ellos.

---

Las técnicas de restauración de bancos marisqueros expuestas en este trabajo no pueden sustituir a las tareas de mantenimiento o conservación de las condiciones del substrato y los cuidados rutinarios de los bancos marisqueros. Estas tareas se incluyen como parte de las labores no extractivas de las personas profesionales del marisqueo. A esto debe unirse una adecuada gestión de los trabajos extractivos para evitar que una eventual pérdida de producción pueda disminuir la frecuencia de las tareas de conservación y provocar una pérdida de la diversidad y de la idoneidad de las condiciones para albergar las comunidades bentónicas propias de las especies de interés marisquero. Los trabajos de conservación de los bancos marisqueros y la gestión de la extracción son más económicos y eficaces que los trabajos de restauración.

---

## SUMMARY

This document reviews the relationships between habitat features and benthic populations, as well as the available techniques to restore sediment characteristics to help recover the diversity and production of exploited species. The results obtained after implementing these techniques in Galicia demonstrate how modifying sediment characteristics leads to changes in diversity associated with changes in benthic communities. Likewise, while this document is not intended as a manual for the implementation of these techniques, it describes a series of tested measures and their results to be taken into account when putting them into practice. It also discusses how these techniques fit into an ecosystem-based approach to management that integrates the components of blue infrastructure and ecosystem services.

This work is divided into three sections. The first one reviews the relationship of sedimentary environments with hydrodynamics and sediment origin based on a spatial sediment distribution model developed for the rias of Pontevedra and Aldán and for A Lanzada bay. The spatial distribution of sediment types depends on sediment particle size and origin and is regulated by hydrodynamics. Sediment texture, organic matter content, and redox potential define the benthic communities that inhabit them, along with other parameters such as bathymetry or tidal level. Benthic communities are characterized by a defined faunal composition and biological diversity. Commercial bivalve species are part of benthic communities and are therefore not unaffected by environmental conditions, particularly sediment qualities. Thus, the distribution and abundance of these species are largely determined by sediment characteristics, which in turn reflect habitat conditions and promote different communities with varying levels of diversity.

While a wide range of parameters are involved in defining a habitat's suitability for a given commercial species, from the standpoint of habitat restoration techniques, not all of them can be controlled. In the case of benthic organisms in general and of commercial bivalves in particular, the parameters more likely to be modified or controlled are those related to population density and to sediment characteristics and conditions. The relationships among sediment characteristics, the biological diversity they host, and their suitability as a habitat for the communities to which commercial bivalve species belong imply that maintaining sediment conditions goes hand in hand with the conservation of biological diversity and with the production of these species. The maintenance of sediment conditions is largely impacted by habitat-engineering organisms. Shellfish harvesting-related activities, both extractive and non-extractive ones, affect sediment characteristics very similarly to habitat-engineering species. In sites that are prone to accumulation of fine sediments, sediment compaction, or colonization by epibiotic fauna, the interruption of shellfish harvesting-related activities for sufficiently long time periods promotes these alterations in habitat conditions. Thus, sediments lose their suitability to host the communities to which exploited species belong, faunal diversity decreases, and production in shellfish grounds is reduced.

The shellfish ground restoration techniques discussed in this document cannot replace other tasks aimed at the maintenance or conservation of substrate conditions and the routine care

---

of shellfish grounds. These tasks are included among the non-extractive activities performed by professional shellfish harvesters. This must be accompanied by an adequate management of harvesting activities in order to prevent any potential loss of production from causing a decrease in the frequency of conservation works, therefore leading to loss of diversity and of its suitability for hosting the benthic communities associated with species of interest for the shellfish harvesting activity. Shellfish ground conservation and harvesting management are associated with lower costs and a higher efficacy than restoration works.

---

## ÍNDICE CONTENTS

|   |    |
|---|----|
| RESUMO.....   | 3  |
| RESUMEN.....  | 5  |
| SUMMARY .....   | 7  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....  | 25 |
| 2. AS COMUNIDADES BENTÓNICAS.....   | 26 |
| 2.1. Os sedimentos.....   | 27 |
| 2.1.1. OS SEDIMENTOS E O HIDRODINAMISMO.....  | 27 |
| 2.1.2. A DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....  | 29 |
| 2.1.3. MODELO XERAL DE SEDIMENTACIÓN. ....  | 34 |
| 2.2. Comunidades bentónicas e sedimentos.....   | 36 |
| 2.2.1. RELACIÓN DAS VARIABLES FAUNÍSTICAS COS AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....                                  | 36 |
| 2.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.....  | 39 |
| 2.2.3. OS BIVALVOS DE INTERESE COMERCIAL E AS COMUNIDADES BENTÓNICAS. ....                                  | 43 |
| 3. O MARISQUEO E O MEDIO .....  | 45 |
| 3.1. O marisqueo artesanal non mecanizado como actividade conformadora de hábitat. ....                     | 45 |
| 3.1.1. ORGANISMOS CONFORMADORES DE HÁBITAT.....   | 45 |
| 3.1.2. EFECTOS DA INTERRUPCIÓN DA ACTIVIDADE DO MARISQUEO ARTESANAL NON MECANIZADO SOBRE O HÁBITAT.....     | 47 |
| 3.2. Casos máis comúns de degradación do hábitat dos bancos marisqueiros.....                               | 49 |
| 3.2.1. COLMATACIÓN DE CASCALLOS CON SEDIMENTOS LAMACENTOS E DEPÓSITO DE FINOS SOBRE SEDIMENTOS GROSOS. .... | 50 |
| 3.2.2. COMPACTACIÓN DO SEDIMENTO, AUMENTO DA FRACCIÓN FINA E ASCENSO DA CAPA DPR. ....                      | 52 |
| 3.2.3. ANOXIA POR ACUMULACIÓN DE ALGAS E POR COLONIZACIÓN DE MEXILLÓN.....                                  | 53 |
| 3.2.4. INCREMENTO DA POBOACIÓN DE DEPREDADORES.....   | 55 |
| 3.2.5. EXPANSIÓN DE ESPECIES INVASORAS.....   | 55 |
| 3.2.6. ACUMULACIÓN DE LIXO.....   | 56 |
| 3.2.7. ACUMULACIÓN DE TERRAS E RESTOS VEXETAIS TRAS LUMES FORESTAIS.....                                    | 57 |
| 4. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN E RESTAURACIÓN DA PRODUCTIVIDADE E DA DIVERSIDADE .....                         | 58 |
| 4.1. A importancia do hábitat. ....   | 58 |

---

|  |           |
|--|-----------|
| 4.2. Técnicas de restauración aplicadas no marisqueo en Galicia.....   | 60        |
| <b>4.2.1. INTERVENCIÓNS DIRECTAS SOBRE O SUBSTRATO.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>4.2.2. RETIRADA DE DEPÓSITOS DE ALGAS E RESTOS TERRÍXENOS.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>4.2.3. CONTROL DE COMPETIDORES E DEPREDADORES.....</b>  | <b>69</b> |
| <b>4.2.4. RETIRADA DE LIXO.....</b>  | <b>74</b> |
| <b>4.2.5. ACTUACIÓNS SOBRE A POBOACIÓ DA ESPECIE DE INTERESE.....</b>  | <b>75</b> |
| 4.3. A perspectiva sistémica.....  | 78        |
| <b>4.3.1. OS COMPOÑENTES DA PERSPECTIVA SISTÉMICA.....</b>   | <b>78</b> |
| <b>4.3.2. OS COMPOÑENTES DA INFRAESTRUTURA AZUL.....</b>   | <b>79</b> |
| <b>4.3.3. SERVIZOS ECOSISTÉMICOS IMPLICADOS.....</b>   | <b>80</b> |
| <b>5. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>83</b> |
| <b>6. LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.....</b>  | <b>84</b> |
| 6.1. Los sedimentos.....   | 85        |
| <b>6.1.1. LOS SEDIMENTOS Y EL HIDRODINAMISMO.....</b>  | <b>85</b> |
| <b>6.1.2. LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....</b>   | <b>87</b> |
| <b>6.1.3. MODELO GENERAL DE SEDIMENTACIÓN.....</b>   | <b>88</b> |
| 6.2. Comunidades bentónicas y sedimentos.....  | 89        |
| <b>6.2.1. RELACIÓN DE LAS VARIABLES FAUNÍSTICAS CON LOS AMBIENTES SEDIMENTARIOS.....</b>                             | <b>89</b> |
| <b>6.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.....</b>   | <b>90</b> |
| <b>6.2.3. LOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL Y LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.....</b>                                    | <b>91</b> |
| <b>7. EL MARISQUEO Y EL MEDIO.....</b>   | <b>92</b> |
| 7.1. El marisqueo artesanal no mecanizado como actividad conformadora de hábitat.....                                | 92        |
| <b>7.1.1. ORGANISMOS CONFORMADORES DE HÁBITAT.....</b>   | <b>92</b> |
| <b>7.1.2. EFECTOS DE LA INTERRUPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL MARISQUEO ARTESANAL NO MECANIZADO SOBRE EL HÁBITAT.....</b> | <b>93</b> |
| 7.2. Casos más comunes de degradación del hábitat de los bancos marisqueros.....                                     | 94        |
| <b>7.2.1. COLMATACIÓN DE CASCAJOS CON SEDIMENTOS FANGOSOS Y DEPÓSITO DE FINOS SOBRE SEDIMENTOS GRUESOS.....</b>      | <b>95</b> |
| <b>7.2.2. COMPACTACIÓN DEL SEDIMENTO, AUMENTO DE LA FRACCIÓN FINA Y ASCENSO DE LA CAPA DPR.....</b>                  | <b>95</b> |
| <b>7.2.3. ANOXIA POR ACUMULACIÓN DE ALGAS Y POR COLONIZACIÓN DE MEJILLÓN.....</b>                                    | <b>96</b> |
| <b>7.2.4. INCREMENTO DE LA POBLACIÓN DE DEPREDADORES.....</b>  | <b>96</b> |
| <b>7.2.5. EXPANSIÓN DE ESPECIES INVASORAS.....</b>   | <b>96</b> |

---

|  |     |
|--|-----|
| 7.2.6. ACUMULACIÓN DE BASURA.....  | 97  |
| 7.2.7. ACUMULACIÓN DE TIERRAS Y RESTOS VEGETALES TRAS INCENDIOS FORESTALES.....  | 97  |
| 8. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA DIVERSIDAD.....                                    | 97  |
| 8.1. La importancia del hábitat.....   | 97  |
| 8.2. Técnicas de restauración aplicadas en el marisqueo en Galicia.....  | 99  |
| 8.2.1. INTERVENCIONES DIRECTAS SOBRE EL SUBSTRATO.....   | 100 |
| 8.2.2. RETIRADA DE DEPÓSITOS DE ALGAS Y RESTOS TERRÍGENOS.....   | 101 |
| 8.2.3. CONTROL DE COMPETIDORES Y DEPREDADORES.....   | 102 |
| 8.2.4. RETIRADA DE BASURAS.....  | 104 |
| 8.2.5. ACTUACIONES SOBRE LA POBLACIÓN DE LA ESPECIE DE INTERÉS.....  | 104 |
| 8.3. La perspectiva sistémica.....   | 106 |
| 8.3.1. LOS COMPONENTES DE LA PERSPECTIVA SISTÉMICA.....  | 106 |
| 8.3.2. LOS COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA AZUL.....   | 107 |
| 8.3.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IMPLICADOS.....   | 108 |
| 9. INTRODUCTION.....   | 111 |
| 10. BENTHIC COMMUNITIES.....   | 112 |
| 10.1. Sediments.....   | 113 |
| 10.1.1. SEDIMENTS AND HYDRODYNAMICS.....   | 113 |
| 10.1.2. SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY ENVIRONMENTS.....  | 114 |
| 10.1.3. GENERAL SEDIMENTATION MODEL.....   | 115 |
| 10.2. Benthic communities and sediments.....   | 116 |
| 10.2.1. RELATIONSHIP OF FAUNAL VARIABLES WITH SEDIMENTARY ENVIRONMENTS.....  | 116 |
| 10.2.2. SPATIAL DISTRIBUTION OF BENTHIC COMMUNITIES.....   | 117 |
| 10.2.3. COMMERCIAL BIVALVE SPECIES AND BENTHIC COMMUNITIES.....  | 118 |
| 11. SHELLFISH HARVESTING AND THE ENVIRONMENT.....  | 119 |
| 11.1. Artisanal, non-mechanical shellfish harvesting as a habitat-engineering activity.....                            | 119 |
| 11.1.1. HABITAT-ENGINEERING ORGANISMS.....   | 119 |
| 11.1.2. EFFECTS OF THE INTERRUPTION OF ARTISANAL NON-MECHANICAL SHELLFISH<br>HARVESTING ACTIVITIES ON THE HABITAT..... | 120 |
| 11.2. Most common cases of habitat degradation in shellfish grounds.....   | 121 |
| 11.2.1. FILLING UP OF DEBRIS BEDS WITH MUDDY SEDIMENTS AND DEPOSITION OF FINE<br>ELEMENTS ON COARSE SEDIMENTS.....     | 121 |

---

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>11.2.2.</b> SEDIMENT COMPACTION, INCREASED FINE FRACTION, AND ELEVATION OF THE RPD LAYER TOWARDS THE SEDIMENT SURFACE. .... | 122 |
| <b>11.2.3.</b> ANOXIA DUE TO SEAWEED ACCUMULATION AND COLONIZATION BY MUSSELS. ....  | 122 |
| <b>11.2.4.</b> INCREASES IN PREDATOR POPULATIONS.....  | 123 |
| <b>11.2.5.</b> EXPANSION OF INVASIVE SPECIES.....  | 123 |
| <b>11.2.6.</b> WASTE ACCUMULATION. ....  | 123 |
| <b>11.2.7.</b> ACCUMULATION OF DIRT AND PLANT DEBRIS AFTER FOREST FIRES. ....  | 123 |
| <b>12.</b> TECHNIQUES FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF PRODUCTIVITY AND DIVERSITY .....                                 | 124 |
| 12.1. The importance of habitats.....  | 124 |
| 12.2. Restoration techniques applied within the framework of shellfish harvesting in Galicia .....                             | 126 |
| <b>12.2.1.</b> DIRECT INTERVENTIONS ON THE SUBSTRATE.....  | 127 |
| <b>12.2.2.</b> REMOVAL OF ACCUMULATED SEAWEEDS AND TERRIGENOUS DEBRIS.....   | 128 |
| <b>12.2.3.</b> CONTROL OF PREDATOR AND COMPETITOR SPECIES. ....  | 129 |
| <b>12.2.4.</b> WASTE REMOVAL. ....   | 130 |
| <b>12.2.5.</b> INTERVENTIONS ON TARGET POPULATIONS.....  | 131 |
| 12.3. Ecosystem-based approach. ....   | 132 |
| <b>12.3.1.</b> THE COMPONENTS OF AN ECOSYSTEM-BASED APPROACH.....  | 132 |
| <b>12.3.2.</b> COMPONENTS OF BLUE INFRASTRUCTURE.....  | 133 |
| <b>12.3.3.</b> ECOSYSTEM SERVICES INVOLVED.....  | 134 |
| <b>13.</b> REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS REFERENCES.....  | 137 |

---

## Listado de figuras:

### List of figures

Figura 1.- Diagrama de Hjulström. Amosa a relación entre a velocidade actual a un metro sobre o fondo e os procesos de erosión, transporte e sedimentación en función do tamaño de gran. P, pelitas; A, areas; 1, arxilas; 2, limos; 3, areas moi finas; 4 areas finas; 5, areas medias; 6, areas grosas; 7 areas moi grosas; 8, gravas; 9, seixos; 10, coios; 11, bolos. Modificado de Nichols (2009).

Figura 1.- Diagrama de Hjulström. Muestra la relación entre velocidad de la corriente a un metro sobre el fondo y los procesos de erosión, transporte y sedimentación en función del tamaño de grano. P, pelitas; A, arenas; 1, arcillas; 2, limos; 3, arenas muy finas; 4 arenas finas; 5, arenas medias; 6, arenas gruesas; 7 arenas muy gruesas; 8, gravas; 9, pebbles; 10, cobbles; 11, boulders. Modificado a partir de Nichols (2009). "Tamaño de gra", tamaño de grano; "Velocidade da corrente", velocidad de la corriente.

Figure 1. Hjulström diagram showing the relationship between current velocity 1 m above the bottom and erosion (Erosion), transport (Transporte), and sedimentation (Sedimentación) processes according to grain size. P, mud; A, sand; 1, clay; 2, silt; 3, very fine sand; 4, fine sand; 5, medium sand; 6, coarse sand; 7, very coarse sand; 8, granules; 9, pebbles; 10, cobbles; 11, boulders. Modified from Nichols (2009). .....28

Figura 2.- Distribución espacial de limos grosos (a), limos finos (b), arxilas (c) e areas (d) nas rías de Pontevedra e Aldán e na enseada da Lanzada. Modificado de Parada (2005).

Figura 2.- Distribución espacial de los limos gruesos (a), limos finos (b), arcillas (c) y arenas (d) en las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

Figure 2.- Spatial distribution of coarse silt (a), fine silt (b), clays (c), and sands (d) in the rias of Pontevedra and Aldán and in A Lanzada bay. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows. ....30

Figura 3.- Distribución espacial da moda granulométrica dos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada. GR, gravas; AMG, areas moi grosas; AM, areas medias; AF, areas finas; AMF, areas moi finas; LGR, limos grosos; LFI, limos finos; ARC, arxilas. Modificado de Parada (2005).

Figura 3.- Distribución espacial de la moda granulométrica de los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. GR, gravas; AMG, arenas muy gruesas; AM, arenas medias; AF, arenas finas; AMF, arenas muy finas; LGR, limos gruesos; LFI, limos finos; ARC, arcillas. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

Figure 3.- Spatial distribution of granulometric modes in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay. GR, gravel; AMG, very coarse sand; AG, coarse sand; AM, medium sand; AF, fine sand; AMF, very fine sand; LGR, coarse silt; LFI, fine silt; ARC, clays. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows. ....31

Figura 4.- Catro casos típicos de perfil redox. En sedimentos ben oxixenados o potencial redox (Eh) mantense en valores positivos ao longo do perfil (a). En sedimentos de gran fino, é habitual que a capa oxidada non inclúa todo o perfil ou sexa substituída xa dende a superficie pola capa DPR na que os valores de Eh diminúen rapidamente ata valores negativos (b, c). En sedimentos lamacentos ou pouco oxixenados todo o perfil redúcese, con valores negativos de Eh dende a superficie (d).

Figura 4.- Cuatro casos típicos de perfil redox. En sedimentos de bien oxigenados el potencial redox (Eh) se mantiene en valores positivos en todo el perfil (a). En sedimentos de grano más fino es frecuente que la capa oxidada no incluya todo el perfil o sea sustituida ya desde la superficie por la capa DPR en la que los valores de Eh disminuyen rápidamente hasta valores negativos (b, c). En sedimentos fangosos o mal oxigenados todo el perfil se encuentra reducido, con valores negativos del Eh desde la superficie (d).

---

Figure 4.- Four typical examples of redox profiles. In well-oxygenated sediments, redox potential (Eh) remains positive across the whole profile (a). In finer sediments, the oxidized layer (oxidado) often does not occupy the whole profile or is replaced already at the surface by the RPD layer, where Eh rapidly decreases to negative values (b, c). In muddy or poorly oxygenated sediments, the whole profile is reduced (reducido), and Eh values are negative already at the surface (d). ..... 32

Figura 5.- Distribución espacial do contido en materia orgánica (a) e da profundidade da capa de discontinuidade do potencial redox (b) nos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada. Modificado de Parada (2005).

Figura 5.- Distribución espacial del contenido en materia orgánica (a) y la profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (b) en los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

Figure 5.- Spatial distribution of organic matter content (a) and depth of the redox potential discontinuity layer (b) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows. .... 33

Figura 6.- Modelo xeral de sedimentación baseado na distribución espacial da moda granulométrica (en phi), o contido en materia orgánica (%O.M.) e o perfil redox (en mV) (b) nos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e na enseada da Lanzada, como balance das achegas dos sedimentos terríxenos e do hidrodinamismo oceánico. A sucesión de sedimentos comeza con granulometrías grosas con pouco contido orgánico e perfís redox con valores positivos que se transforman en sedimentos máis finos, con maior contido orgánico e perfís redox negativos a medida que se afastan das desembocaduras dos esteiros (a). Esta sucesión pode verse interrompida polo hidrodinamismo e a chegada de sedimentos organóxenos grosos de orixe mariña polo que se orixinan sedimentos heteroxéneos bi e trimodais, de cascallos sucios con moderado contido en materia orgánica e perfís redox que se tornan negativos a medida que se afonda no sedimento (b). Nas zonas expostas sen achegas sedimentarias terríxenas predomina o hidrodinamismo na sucesión de sedimentos, con pouca materia orgánica e perfís redox positivos (c). Modificado de Parada (2005). As frechas verdes representan o transporte de sedimentos ao aumentar a distancia dende a súa orixe no esteiro. As frechas azuis representan o hidrodinamismo de orixe oceánica.

Figura 6.- Modelo general de sedimentación a partir de la distribución espacial de la moda granulométrica (en phi), del contenido en materia orgánica (%M.O.) y el perfil redox (en mV) (b) en los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada, como balance de los aportes de sedimentos terrígenos y el hidrodinamismo oceánico. Partiendo de los aportes terrígenos en zonas abrigadas (a), la sucesión de sedimentos comienza con granulometrías gruesas con poco contenido orgánico y perfiles redox con valores positivos que se van transformando en sedimentos más finos, con mayor contenido orgánico y perfiles redox negativos a medida que se alejan de las desembocaduras de los estuarios. Aportes terrígenos con interferencia de hidrodinamismo y sedimentos biogénos (b): la sucesión puede verse interrumpida por el hidrodinamismo y aporte de sedimentos organógenos gruesos de origen marino de forma que se originan sedimentos heterogéneos bi y trimodales, de cascajos sucios con contenido en materia orgánica moderado e perfiles redox que se hacen negativos a medida que se profundiza en el sedimento. En las zonas expuestas sin aportes sedimentarios terrígenos (c) el hidrodinamismo domina en la sucesión de sedimentos, con escasa materia orgánica y perfiles redox positivos. Modificado a partir de Parada (2005).

Figure 6.- General sedimentation model based on the spatial distribution of granulometric modes (according to the phi scale), organic matter contents (% OM), and redox profiles (in mV) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay, as a balance between the input of terrigenous sediments and ocean hydrodynamics. From terrigenous input in sheltered areas (a) sediment succession starts at coarse grain sizes with low organic content and redox profiles with positive values, which gradually turn to finer sediments with higher organic contents and negative redox profiles as they move away from the mouths of estuaries. Interruption of modal progresión with heterogeneous sediments and debris (b): The succession can be interrupted by ocean hydrodynamics and by the input of coarse biogenic sediments of marine origin, leading to heterogeneous, bi- and trimodal sediments composed of mixed debris with moderate organic content and redox profiles that become negative with sediment depth. In exposed areas without terrigenous sediment inputs (c), hydrodynamics define sediment succession, with low organic matter contents and positive redox profiles (c).

---

Modified from Parada (2005). ARC, clays; "Gradación de modas hacia finos", Gradual granulometric mode progression towards fine sediments; AMG, very coarse sand; AMF – AF, very fine sand – fine sand; "Gradación de sedimentos bioclásticos", gradual granulometric mode progression from debris. .... 35

Figura 7.- Relación da diversidade da fauna bentónica (H') co contido en limos e arxilas (% Pelitas) e o contido de materia orgánica (% M.O.) ao longo dun gradiente de sedimentación interrompido por un hidrodinamismo que afecta lateralmente. Modificado a partir do modelo de sedimentación na ría de Pontevedra (Parada, 2005).

Figura 7.- Relación de la diversidad de la fauna bentónica (H') con el contenido en limos y arcillas (% Pelitas) y el contenido en materia orgánica (% M.O.) a lo largo de un gradiente de sedimentación interrumpido por un hidrodinamismo que incide de forma lateral. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ría de Pontevedra (Parada, 2005).

Figure 7.- Relationship of the diversity of benthic fauna (H') with contents of silts and clays (% Pelitas) and organic matter (% M.O.) along a sedimentation gradient interrupted by the lateral influence of hydrodynamics. Modified from the sedimentation model in the ria of Pontevedra (Parada, 2005). "Gradiente de materia orgánica e finos na ría de Pontevedra", gradient of organic matter a fine sediment in ria of Pontevedra; "Ruptura do gradiente polo hidrodinamismo", gradient broken by ocean hydrodynamics. .... 37

Figura 8.- Relación da diversidade da fauna bentónica (H') co contido en limos e arxilas (% Pelitas) e o contido de materia orgánica (% M.O.) nun gradiente orientado frontalmente a un gradiente oposto de hidrodinamismo. Modificado a partir do modelo de sedimentación na ría de Aldán (Parada, 2005).

Figura 8.- Relación de la diversidad de la fauna bentónica (H') con el contenido en limos y arcillas (% Pelitas) y el contenido en materia orgánica (% M.O.) en un gradiente de enfrentado frontalmente a un gradiente opuesto de hidrodinamismo. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ría de Aldán (Parada, 2005).

Figure 8.- Relationship of diversity of benthic fauna (H') with contents of silts and clays (% Pelitas) and organic matter (% M.O.) along a gradient defined by contents of organic matter and fine elements against an opposite-facing hydrodynamic gradient. Modified from the sedimentation model in the ria of Aldán (Parada, 2005). "Gradiente de materia orgánica e finos Sur – Norte na ría de Aldán", gradient of organic matter and fine sediments South to North in the ria of Aldán; "Gradiente de hidrodinamismo Norte -Sur na ría de Aldán", gradient of hydrodynamics North – South in the ria of Adlán. .... 38

Figura 9.- Relación da riqueza específica (R.E.) co gradiente de area fina do sedimento en paralelo á exposición das ondas. Modificado a partir do modelo de sedimentación na enseada da Lanzada (Parada, 2005).

Figura 9.- Relación de la riqueza específica (R.E.) con el gradiente de arenas finas del sedimento en paralelo a la exposición al oleaje. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ensenada de A Lanzada (Parada, 2005).

Figure 9.- Relationship between species richness (R.E.) and the gradient of fine sand contents in sediments (% Areas finas), which runs parallel to wave exposure. Modified from the sedimentation model in A Lanzada bay (Parada, 2005). "Gradiente de areas finas na enseada da Lanzada", gradient of fine sand in A Lanzada bay; "Hidrodinamismo por exposición á ondaxe na enseada da Lanzada", wave hydrodynamics in A Lanzada bay. .... 39

Figura 10.- Distribución das comunidades bentónicas en relación coas características e profundidade dos sedimentos.

Figura 10.- Distribución de las comunidades bentónicas en relación con las características de sedimento y la profundidad. "Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heterogéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zosterá", arenas y fondos con zosterá; "Fango areoso", fango arenoso.

Figure 10.- Distribution of benthic communities according to sediment characteristics and depth. "Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zosterá", sandy and silty zosterá beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluídos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud. .... 41

---

Figura 11.- Diminución da diversidade en relación co aumento do contido en lamas dos sedimentos.

Figura 11.- Descenso de la diversidad en relación con el incremento del contenido en fangos de los sedimentos. "Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascsajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heterogéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zostera", arenas y fondos con zostera; "Fango areoso", fango arenoso.

Figure 11.- Decrease in diversity (H') according to the increase in mud content in sediments. Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zostera", sandy and silty zostera beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluídos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud. ....42

Figura 12.- Preferencia de bancos marisqueiros das principais especies de interese comercial polas comunidades bentónicas e características do sedimento. D. trun, *Donax trunculus*; S. sol., *Spisula solida*; V. cor., *Venerupis corrugata*; D. exo., *Dosinia exoleta*; P. rho., *Polititapes romboides*; C. gla., *Cerastoderma glaucum*; C. edu., *C. edule*; R. phi., *Ruditapes philippinarum*; R. dec., *R. decussatus*.

Figura 12.- Preferencia de los bancos marisqueros de las principales especies de interés comercial por las comunidades bentónicas y las características del sedimento. D. trun, *Donax trunculus*; S. sol., *Spisula solida*; V. cor., *Venerupis corrugata*; D. exo., *Dosinia exoleta*; P. rho., *Polititapes romboides*; C. gla., *Cerastoderma glaucum*; C. edu., *C. edule*; R. phi., *Ruditapes philippinarum*; R. dec., *R. decussatus*. "Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascsajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heterogéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zostera", arenas y fondos con zostera; "Fango areoso", fango arenoso.

Figure 12.- Preferred benthic communities and sediment characteristics in grounds of the main shellfish species of commercial interest. D. trun, *Donax trunculus*; S. sol., *Spisula solida*; V. cor., *Venerupis corrugata*; D. exo., *Dosinia exoleta*; P. rho., *Polititapes romboides*; C. gla., *Cerastoderma glaucum*; C. edu., *C. edule*; R. phi., *Ruditapes philippinarum*; R. dec., *R. decussatus*. Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zostera", sandy and silty zostera beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluídos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud. .... 44

Figura 13.- Representación esquemática da hipótese de exclusión epi-endo de Bouma *et al.* (2009). A presenza de estruturas autógenas epibentónicas de especies conformadoras de hábitat autógenas aumenta a diversidade (H') da fauna epibentónica. Non obstante, favorece a acumulación de elementos finos e materia orgánica en detrimento da diversidade da fauna endobentónica ao reducir os valores do potencial redox do sedimento. Unha maior presenza de estruturas e especies conformadoras de hábitat alógenas endobentónicas implica unha maior remoción de sedimentos. Isto favorece a oxidación da materia orgánica e promove a resuspensión de finos, de xeito que favorece a diversidade da fauna endobentónica. Modificado de Bouma *et al.* (2009).

Figura 13.- Representación esquemática de la hipótesis de exclusión epi-endo de Bouma *et al.* (2009). La presencia de estructuras autógenas epibentónicas de especies conformadoras de hábitat autógenas incrementa la diversidad (H') de la fauna epibentónica. Sin embargo, propicia la acumulación de elementos finos y materia orgánica en detrimento de la diversidad de la fauna endobentónica al reducir los valores del potencial redox del sedimento. Una mayor presencia de estructuras y especies conformadoras de hábitat alógenas endobentónicas supone una mayor remoción del sedimento. Esto favorece la oxidación de la materia orgánica y promueve la resuspensión de finos, de forma que favorece la diversidad de la fauna endobentónica. Modificado a partir de Bouma *et al.* (2009).

Figure 13.- Diagram representing the epi-endo exclusion hypothesis postulated by Bouma *et al.* (2009). The presence of epibenthic structures generated by autogenic habitat-engineering species increases diversity (H') of epibenthic fauna. However, it also promotes the accumulation of fine elements and organic matter to the detriment of endobenthic faunal diversity due to a reduction in the sediment's redox potential values. A greater presence of endobenthic structures and allogenic habitat-engineering species entails greater rates of sediment reworking. This promotes oxidization of organic matter and resuspension of fine elements, thus favouring diversity of endobenthic fauna. Modified from Bouma *et al.*

---

(2009). "oxidado", oxygenated sediment; "DPR", RPD; "reducido", reduced sediment; "Estructuras autógenas epibentónicas", autogenic epibenthic structures; "Remoción do sedimento", substrate reworking. .... 46

Figura 14.- Captura de bivalvos con artes de arrastre (a; tomado de Baeta *et al.*, 2021); arrastre con inyección hidráulica (b; tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) e con artes de resuspensión de sedimentos con inyección hidráulica (c, tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) utilizada fóra de Galicia. Captura artesanal de bivalvos con artes manuais non mecanizadas a pé (d; cedida por E. Abella) e dende embarcación (e) utilizadas en Galicia.

Figura 14.- Captura de bivalvos con artes de arrastre (a; tomada de Baeta *et al.*, 2021); de arrastre con inyección hidráulica (b; tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) y con artes de resuspensión de sedimentos con inyección hidráulica (c, tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) empleados fuera de Galicia. Captura de bivalvos artesanal con artes manuales no mecanizadas a pie (d; cedida por E. Abella) y desde embarcación (e) empleadas en Galicia.

Figure 14.- Bivalve harvesting using trawl gears (a; taken from Baeta *et al.*, 2021), hydraulic dredging (b; taken from Mascilongo *et al.*, 2021), and hydraulic sediment resuspension devices (c; taken from Mascilongo *et al.*, 2021) used outside Galicia. Bivalve harvesting using manual, non-mechanic gears used in Galicia, both on foot (d; image courtesy of E. Abella) and from boats (e). .... 48

Figura 15.- Retirada de acumulacións de macroalgas depositadas nun banco marisqueiro intermareal, dentro das tarefas incluídas entre os traballos cotiáns das persoas dedicadas ao marisqueo (Fotografía cedida por E. Abella).

Figura 15.- Retirada de acumulaciones de macroalgas depositadas sobre un banco marisqueiro intermareal, como parte de las tareas incluídas entre los traballos habituales de las personas que se dedican al marisqueo (Fotografía cedida por E. Abella).

Figure 15.- Removal of macroalgal accumulations deposited on an intertidal shellfish ground as part of the tasks routinely carried out by shellfish harvesters (image courtesy of E. Abella). .... 48

Figura 16.- Colmatación de cascallos con sedimentos lamacentos (a) e acumulación de sedimentos finos sobre sedimentos grosos orixinais (b – c). En determinados lugares poden producirse superposicións de capas de diferentes características debido á sedimentación de materiais de distintas fontes (d; cedida por A. Monteagudo). En calquera destes casos, os sedimentos perden calidades para albergar as comunidades anteriores, máis diversas, propias dos sedimentos grosos.

Figura 16.- Colmatación de cascajos con sedimentos fangosos (a) y acumulación de sedimentos finos sobre sedimentos grosos orixinais (b – c). En ciertos lugares pueden producirse superposiciones de capas de diferentes características por sedimentación de materiais de diferente procedencia (d; cedida por A. Monteagudo). En cualquiera de estos casos los sedimentos pierden cualidades para albergar las comunidades previas, máis diversas, propias de sedimentos grosos.

Figure 16.- Debris filled up with muddy sediments (a) and deposition of fine elements on originally coarse sediments (b-c). In certain areas, layers of sediments with different characteristics may overlap due to the sedimentation of materials from different origins (d; image courtesy of A. Monteagudo). In any of these cases, sediments become less suitable for hosting their previous, more diverse communities, typical of coarse substrates. .... 51

Figura 17.- A fixación de macroalgas como as do xénero *Gracilaria* en cunchas e pedras nun banco areoso reduce a velocidade da corrente e favorece a sedimentación de partículas máis finas sobre sedimentos orixinais máis grosos.

Figura 17.- La fijación de macroalgas como las de género *Gracilaria* sobre conchas y piedras en un banco arenoso, reduce la velocidad de la corriente y favorece la sedimentación de partículas máis finas sobre sedimentos orixinais máis grosos.

Figure 17.- Attachment of macroalgae, such as those in the genus *Gracilaria*, to shells and pebbles in sand beds decreases current velocity and promotes deposition of finer particles on the original, coarser sediments. .... 51

Figura 18.- O aumento da fracción fina nos sedimentos orixinalmente máis grosos está asociado co aumento da materia orgánica e o ascenso da capa DPR ata a superficie (a – c). Este proceso ocorre tanto en area fina como en sedimentos de gravas ou seixos (d – e).

---

Figura 18.- El incremento de la fracción fina en sedimentos originalmente más gruesos se asocia con el aumento de la materia orgánica y el ascenso de la capa DPR hasta la superficie (a – c). Este proceso se da tanto en sedimentos de arena fina como de gravas o cantos (d - e).

Figure 18.- Increased fine fractions in originally coarser sediments are associated with increased organic matter and with the elevation of the RPD layer towards the sediment surface (a - c). This process takes place both in fine sands and in areas with gravel and pebbles (d - e). .....52

Figura 19.- Crecemento explosivo e acumulacións de macroalgas do xénero *Ulva* no infralitoral (a) e no intermareal (b; cedida por E. Abella). Mortalidade dos bivalvos tras a acumulación de macroalgas.

Figura 19.- Crecimiento explosivo y acumulaciones de macroalgas del género *Ulva* en el infralitoral (a) y en el intermareal (b; cedida por E. Abella). Mortalidad de bivalvos tras la acumulación de macroalgas.

Figure 19.- Blooms and accumulations of seaweeds in the genus *Ulva* at the subtidal (a) and intertidal levels (b; image courtesy of E. Abella). Bivalve mortality after seaweed accumulation. ....53

Figura 20.- Banco marisqueiro infralitoral con fondos de cascallo (a) e o mesmo banco cuberto de colonias de mexillón (b). Banco intermareal con incipiente colonización por mexillón despois dun ano sen ser explotado (c). Banco intermareal colonizado con mexillón tras varios anos sen actividade marisqueira (d). Perfil de sedimentos no mesmo banco marisqueiro baixo colonias de mexillón (e) e sen elas, con presenza de bivalvos comerciais (f).

Figura 20.- Banco marisqueiro infralitoral con fondos de cascajos (a) y el mismo banco cubierto de colonias de mejillón (b). Banco intermareal con colonización por mejillón incipiente tras un año sin ser explotado (c). Banco intermareal colonizado de mejillón tras varios años sin actividad marisquera (d). Perfil del sedimento en el mismo banco marisqueiro bajo colonias de mejillón (e) y sin ellas, con presencia de bivalvos comerciales (f).

Figure 20.- Subtidal shellfish ground with a debris substrate (a) and the same ground covered in mussel colonies (b). Intertidal shellfish ground with incipient mussel colonization after one year of no harvesting activity (c). Intertidal shellfish ground colonized by mussels after several years of no harvesting activity (d). Sediment profile in the same shellfish ground with mussel colonies (e) and without them, with presence of commercial bivalve species (f). .....54

Figura 21.- Proliferación de estrelas de mar asociada á colonización de mexillón en fondos brandos.

Figura 21.- Proliferación de estrelas de mar asociadas a la colonización de mejillón sobre fondos blandos.

Figure 21.- Starfish proliferation associated with mussel colonization of soft substrates. ....55

Figura 22.- Colonización dun banco de ameixas fina e xaponesa (a) pola ostra invasiva *Magallana gigas* (b).

Figura 22.- Colonización de un banco de almejas fina y japonesa (a) por la ostra invasiva *Magallana gigas* (b).

Figure 22.- Colonization of a grooved carpet shell and Manila clam shellfish ground (a) by the invasive oyster species *Magallana gigas* (b). .....56

Figura 23.- Restos de instalacións de cultivo de bivalvos en pochóns (a) como substrato para a fixación do mexillón (b), e como elemento de retención e acumulación de algas (c) que contribúe ao enlodamento do substrato. A súa presenza tamén constitúe un risco de accidentes para as persoas que acceden ao litoral.

Figura 23.- Restos de instalaciones de cultivo de bivalvos en pochones (a) como substrato de fijación de mejillones (b), y como elemento de retención y acumulación de algas (c) que contribuye al enfangamiento del substrato. Su presencia, además, constituye un riesgo de accidentes para las personas que acceden al litoral.

Figure 23.- Discarded bivalve farming baskets (a) as a substrate for mussel attachment (b) and as elements that promote seaweed retention and accumulation (c) contributing to mud deposition on the substrate. Their presence is also an accident hazard for any person accessing the coast. ....56

Figura 24.- Cinzas, terra e restos vexetais arrastrados pola choiva ao mar (a - b). Depósitos de restos de lumes colmatando pozas no supralitoral da costa exposta (c) e aumentando a turbidez da auga (d). Restos vexetais na liña de costa exposta como restos de arribada (e). Cinza mesturada con sedimento (f).

---

Figura 24.- Cenizas, tierras y restos vegetales arrastrados por la lluvia hacia el mar (a - b). Depósitos de restos de incendios colmatando charcas en el supralitoral de costa expuesta (c) y aumentando la turbidez del agua (d). Restos vegetales en la costa expuesta como restos de arribazón (e). Cenizas mezcladas con el sedimento (f).

Figure 24.- Ash, dirt, and plant debris carried by runoff water into the sea (a-b). Tidal pools silted by deposited post-fire residues on the supratidal zone in an exposed coastline (c) and increased water turbidity due to their presence (d). Plant debris on an exposed coast, arranged similarly to beach-cast seaweed (e). Ash mixed with sediment (f). .....57

Figura 25.- Depósitos de materia vexetal, cinzas e terras que cubrindo grandes superficies nas desembocaduras dos ríos en zonas protexidas (a). Restos de materia forestal (b) terras e cinzas creando unha capa de 10 cm de espesor sobre a rede dun parque de cultivo (c).

Figura 25.- Depósitos de materia vegetal, cenizas y tierras abarcando grandes extensiones en las desembocaduras de ríos en zonas abrigadas (a). Restos de materia forestal (b) tierras y cenizas creando una capa de 10 cm de espesor sobre la malla de un parque de cultivo (c).

Figure 25.- Plant debris, dirt, and ash deposited across large areas at a river mouth in a sheltered area (a). Forest debris (b). A 10-cm-thick layer of dirt and ash deposited on a bivalve farming net (c). .....58

Figura 26.- Curvas de preferencia de compactación e contido medio de area para o berberecho adulto. As curvas de preferencia pódense utilizar no diagnóstico de áreas a rexenerar para identificar variables que se desvían dos seus valores óptimos (Traballo en curso no Centro de Investigacións Mariñas CIMA; valores pendentes de validación).

Figura 26.- Curvas de preferencia de compactación y contenido en arenas medias para berberecho adulto. Las curvas de preferencia pueden ser utilizadas en el diagnóstico de áreas a regenerar para identificar las variables desviadas de sus valores óptimos (Trabajo en curso en el Centro de Investigacións Mariñas CIMA; valores pendientes de validación).

Figure 26.- Preference curves for sediment compaction and content of medium sands for adult cockles. Preference curves can be used in the diagnosis of areas in need of restoration to determine which variables deviate from their optimal values (this is an ongoing project at the CIMA; values pending validation). ..... 60

Figura 27.- Remoción do substrato intermareal (a) e infralitoral (b) por medios mecánicos. Remoción manual no intermareal (c). Remoción hidráulica (d), intermareal (e) e infralitoral (f).

Figura 27.- Remoción de substrato intermareal (a) e infralitoral (b) por medios mecánicos. Remoción manual en el intermareal (c). Remoción hidráulica (d) intermareal (e) e infralitoral (f).

Figure 27.- Substrate reworking by mechanical means in the intertidal (a) and subtidal (b) zones. Manual reworking in the intertidal zone (c). Hydraulic reworking (d) in the intertidal (e) and subtidal (f) zones. ....62

Figura 28.- Cambios no perfil redox tras a aplicación de tarefas de remoción de substratos. Perfil con alto contido de arcillas e capa DPR en superficie antes da aplicación de reducción hidráulica infralitoral (a). Perfil areoso coa capa DPR distorsionada en manchas e baixo a superficie despois de 12 días consecutivos de remoción hidráulica infralitoral (b). Perfil redox do sedimento nun banco marisqueiro intermareal antes da aplicación da remoción mecánica, coa capa de sedimento reducido en superficie (c). Perfil redox no mesmo sedimento despois de 5 días de remoción mecánica sen capa DPR e con manchas illadas de sedimento reducido (d).

Figura 28.- Cambios en el perfil redox tras la aplicación de tareas de remoción del substrato. Perfil con alto contenido en arcillas y capa DPR en superficie antes de la aplicación de remoción hidráulica infralitoral (a). Perfil arenoso con la capa DPR distorsionada en manchas y bajo la superficie tras 12 días consecutivos de remoción hidráulica infralitoral (b). Perfil redox del sedimento en un banco marisqueiro intermareal antes de la aplicación de labrado mecánico, con la capa reducida en superficie (c). Perfil redox en el mismo sedimento tras 5 días de remoción mecánica sin capa DPR y con manchas aisladas de sedimento reducido (d).

Figure 28.- Changes to redox profiles after implementing substrate reworking techniques. Profile with a high clay content and RPD layer reaching the surface before implementing subtidal sediment reworking by hydraulic means (a). Sandy profile with a disturbed, patchy RPD under the surface after 12 consecutive days of subtidal sediment reworking by hydraulic means (b). Redox profile in sediments of an intertidal shellfish ground before implementing mechanical ploughing, with the reduced layer reaching the surface (c). Redox profile in the same sediment after 5 days of mechanical reworking, with no RPD layer and isolated patches of reduced sediment (d). ..... 63

---

Figura 29.- Cambios na granulometría do sedimento tras 3 días de remoción en dous anos consecutivos. Aspecto do sedimento con contido importante en materia orgánica antes do rexistro (a); despois de 3 días de remoción (b) e despois de 3 días de remoción 8 meses despois (c). O contido en pelitas (PEL), area moi fina (AMF) e area fina (AF) diminuíu despois da primeira e segunda remoción (9/2015 e 5/2016) con respecto á composición antes do inicio da remoción (8/2015). Incrementouse o contido de areas medianas (AM), areas grosas (AG) e areas moi grosas (AMG). GR, contido de grava.

Figura 29.- Cambios en la granulometría del sedimento después de 3 días de remoción en dos años consecutivos. Aspecto del sedimento con importante contenido en materia orgánica antes de la remoción (a); tras 3 días de labrado (b) y tras 3 días de labrado 8 meses después (c). El contenido en pelitas (PEL), arenas muy finas (AMF) y arenas finas (AF) descendió tras el primer y segundo labrado (9/2015 y 5/2016) con respecto a la composición anterior al inicio de los labrados (8/2015). El contenido en arenas medias (AM), arenas gruesas (AG) y arenas muy gruesas (AMG) aumentó. GR, contenido en gravas.

Figure 29.- Changes in sediment granulometry after 3 days of reworking activities in two consecutive years. Appearance of the sediment before reworking, with considerable organic content (a); after 3 days of ploughing (b), and 8 months after a 3-day ploughing campaign (c). The contents of mud (PEL), very fine sand (AMF), and fine sand (AF) decreased after ploughing for the first and second time (9/2015 and 5/2016) compared with the composition before the start of ploughing work (8/2015). Contents of medium sand (AM), coarse sand (AG), and very coarse sand (AMG) increased. GR: gravel content. .... 64

Figura 30.- Os cascallos colmatados coa fracción fina do sedimento (a) son visibles unha vez que se lava (b). Sedimento de cascallos infralitorais cuberto pola fracción fina antes da remoción (c) e co cascallo reincorporado á superficie despois da remoción (d). Reincorporación do cascallo á superficie do sedimento mediante remoción manual (e, f).

Figura 30.- Los cascajos colmatados con la fracción fina del sedimento (a) son visibilizados una vez esta es lavada (b). Sedimento de cascajos infralitorales cubiertos por la fracción fina antes de la remoción (c) y con los cascajos reincorporados a la superficie después de la remoción (d). Reincorporación de cascajos a la superficie del sedimento mediante remoción manual (e, f).

Figure 30.- Debris filled up with fine sediments (a) become visible once the fine fraction is washed off (b). Subtidal debris covered in fine sediments before reworking (c) and debris back up at the surface after reworking (d). Restoration of debris back to the sediment surface by manual reworking (e, f). .... 65

Figura 31.- Os áridos de 6 a 12 mm (a) xeran máis espazo intersticial que os elementos cunha estrutura laminar como as cunchas de mexillón trituradas (b).

Figura 31.- Los áridos de 6 a 12 mm (a) generan más espacio intersticial que elementos de estructura laminar como las valvas de mejillón trituradas (b).

Figure 31.- Aggregates between 6 and 12 mm (a) generate greater interstitial space than laminar elements such as ground mussel valves (b). .... 66

Figura 32.- Áridos de 6 a 12 mm para traballos de modificación do substrato (a). Corrección da granulometría de fondos lamacentos (b) con áridos que, tras un ano dos traballos, presentaban signos de colmatación con finos (c), aínda que xa tiñan fixacións de ata 130 ind/m<sup>2</sup> de ameixa babosas (d). Áridos colmatados en sedimentos intermareais con granulometría corrixida (e) e posteriormente sometidos a remoción manual (f).

Figura 32.- Áridos de 6 a 12 mm para traballos de enmienda de substrato (a). Corrección de la granulometría de fondos fangosos (b) con áridos que, tras un año de los traballos mostraban signos de colmatación con finos (c), aunque ya presentaban fijaciones de hasta 130 ind/m<sup>2</sup> de almeja babosa (d). Áridos colmatados en sedimentos intermareales con granulometría corregida (e) y sometidos a remoción manual (f).

Figure 32.- Aggregates in the 6 to 12 mm range to be used in substrate amendment (a). Granulometry amendment in muddy bottoms (b) using aggregates, which showed signs of filling up with fine elements one year after the works (c), although recruitment rates up to 130 ind/m<sup>2</sup> of pullet carpet shell could already be observed (d). Intertidal sediments where granulometry was amended using aggregates that were filled up with fine elements (e) and subjected to manual reworking (f). .... 67

---

Figura 33.- Retirada de acumulaci3ns ulv3ceas mediante arrastre no infralitoral (a, b) e manualmente no intermareal (c). As algas retiradas son trasladadas a un centro de tratamento autorizado (d).

Figura 33.- Retirada de acumulaciones de ulv3ceas mediante arrastre en el infralitoral (a, b) y manualmente en el intermareal (c). Las algas retiradas son trasladadas a un centro de tratamiento autorizado (d).

Figure 33 Removal of Ulvaceae wrack by trawling in the subtidal zone (a, b) and manual removal in the intertidal zone (c). Removed seaweeds are transported to an authorized waste treatment site (d)..... 68

Figura 34.- Retirada manual de terras e cinzas arrastradas ao mar; en primeiro plano, restos vexetais depositados polas ondas na zona intermareal superior (a; cedida por M. Pombal). Remoci3n mec3nica das cinzas e terras mesturadas co sedimento para devolver os cascallos 3 superficie (b; cedida por A. Monteagudo).

Figura 34.- Retirada manual de tierras y cenizas arrastradas al mar; en primer plano, restos vegetales depositados por el oleaje en el intermareal superior (a; cedida por Mar Pombal). Remoci3n mec3nica de las cenizas y tierras mezcladas con el sedimento para devolver los cascajos a la superficie (b; cedida por A. Monteagudo).

Figure 34.- Manual removal of dirt and ash transported to the sea; plant debris deposited on the upper intertidal zone by wave action can be seen at the foreground (a; image courtesy of Mar Pombal). Mechanical reworking of ash and dirt mixed with sediment to restore debris back to the surface (b; image courtesy of A. Monteagudo). .....69

Figura 35.- Retirada de colonias de mexill3n sobre fondos de cascallos infralitorais mediante mergullo (a) e con artes de arrastre (b) para o seu traslado a unha planta de tratamento (c). Reversi3n dun banco marisqueiro intermareal ao seu estado orixinal (d, e) mediante retirada manual (f) despois de ser colonizado por mexill3n.

Figura 35.- Retirada de colonias de mejill3n sobre fondos de cascajos infralitorales mediante buceo (a) y con artes de arrastre (b) para su traslado a una planta de tratamiento (c). Reversi3n de un banco marisqueo intermareal a su estado original (d, e) mediante retirada manual (f) tras ser colonizado por mejill3n.

Figure 35.- Removal of mussel colonies on subtidal debris substrates by diving (a) and by trawl gears (b) for relocation to waste treatment facilities (c). Restoration of an intertidal shellfish ground to its original state (d, e) after manual removal of mussel colonies (f). .....70

Figura 36.- Sementeira de exemplares de ameixa babosa de entre 22 e 40 mm de lonxitude recuperados das pi3as de mexill3n retiradas.

Figura 36.- Siembra de ejemplares de almeja babosa de entre 22 y 40 mm de longitud recuperados de entre las masas de mejill3n retiradas.

Figure 36.- Seeding pullet carpet shell individuals between 22 and 40 mm long retrieved from among removed mussel clumps..... 70

Figura 37.- Cambios do perfil do sedimento cuberto por colonias de mexill3n, reducido e defaunado (a); e coa capa DPR a 4 cm de profundidade aos 15 e 27 meses despois da eliminaci3n da colonia de mexill3n.

Figura 37.- Cambios del perfil del sedimento cubierto por colonias de mejill3n, reducido y defaunado (a); y con la capa DPR a 4 cm de profundidad tras 15 y 27 meses de la retirada de la colonia de mejill3n.

Figure 37.- Changes of a sediment profile covered in mussel colonies, reduced, and defaunated (a), and with the RPD layer at 4 cm depth of 15 and 27 months after removing the mussel colony.....71

Figura 38.- A regulaci3n da poboaci3n de estrelas de mar adoita facerse mediante mergullo (a, b) ou con rastros de vieira; a do gaster3podo *O. erinacea* e os cangrexos con nasas (c, d) e a das ootecas dos muricidos *B. brandaris* e *H. trunculus* mediante mergullo (e, f).

Figura 38.- La regulaci3n de la poblaci3n de estrellas de mar se suelen hacer mediante buceo (a, b) o con rastros de vieira; la del gaster3podo *O. erinacea* y los cangrejos con nasas (c, d) y la de ootecas de los muricidos *B. brandaris* y *H. trunculus* mediante buceo (e, f).

Figure 38.- Starfish population control is usually performed by diving (a, b) or using artisanal scallop dredges; populations of *O. erinacea* and crabs are controlled using traps (c, d), while oothecae of muricid species *B. brandaris* and *H. trunculus* are collected by divers (e, f). ..... 73

---

Figura 39.- Eficacia na eliminación de ootecas. CAC, capturas acumuladas ao longo da campaña. CPUE, capturas por unidade de esforzo diario.

Figura 39.- Eficacia de la retirada de ootecas. CAC, capturas acumuladas a lo largo de la campaña. CPUE, capturas por unidad de esforzo diario.

Figure 39.- Efficiency of oothecae removal. CAC, cumulative catches throughout the campaign. CPUE, daily catches per unit of effort. .... 73

Figura 40.- Evolución mensual da presenza (número de individuos/nasa) de *O. erinaceus*, *C. maenas* e *A. rubens* no seguimento de poboacións de depredadores mediante captura con nasa.

Figura 40.- Evolución mensual de la presencia (número de individuos/nasa) de *O. erinaceus*, *C. maenas* y *A. rubens* en el seguimento de las poblaciones de depredadores mediante la captura con nasas.

Figure 40.- Monthly evolution (number of individuals/trap) of *O. erinaceus*, *C. maenas*, and *A. rubens* during monitoring of predator populations using traps. .... 74

Figura 41.- Non se debe confundir a preeira estrita *Tritia reticulata* (a) co depredador *Ocenebra erinaceus* (b).

Figura 41.- No debe confundirse el carroñero estricto *Tritia reticulata* (a) co depredador *Ocenebra erinaceus* (b).

Figure 41.- Strict scavenger species *Tritia reticulata* (a) must not be confused with predator *Ocenebra erinaceus* (b). .... 74

Figura 42.- Tanto os restos recollidos mediante mergullo (a) como os recollidos no intermareal (b) deberán enviarse a unha planta de tratamento autorizada.

Figura 42.- Tanto los restos recogidos mediante buceo (a), como los recogidos en el intermareal (b) deben ser enviados a una planta de tratamiento autorizada.

Figure 42.- Both the residues collected by divers (a) and those collected in the intertidal zone (b) must be transported to authorized waste treatment facilities (c). .... 75

Figura 43.- Sementeira de berberecho de tamaño comercial nunha zona previamente labrada (a). Tempos (en minutos) que necesitaron os berberechos para enterrarse nunha zona labrada (b) e nunha zona sen labrar (c); un deles tardou máis de 10 minutos.

Figura 43.- Siembra de berberecho de tamaño comercial en una zona previamente labrada (a). Tiempos (en minutos) que necesitaron los berberechos para enterrarse en una zona labrada (b) y en una sin labrar (c); uno de ellos necesito más de 10 minutos.

Figure 43.- Seeding of commercial-sized cockles in a previously raked area (a). Time (in minutes) required by cockles to get buried in a raked area (b) an in a non-raked one (c); one individual required longer than 10 minutes. .... 76

Figura 44.- Capturas de depredadores en nasas tras a remoción dunha zona de sementeira infralitoral. As capturas de depredadores diminúen a partir do segundo día. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *Liocarcinus marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* L., 1758.

Figura 44.- Capturas de depredadores en nasas tras la remoción de una zona de siembra infralitoral. Las capturas de depredadores decrecen a partir del segundo día. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *L. marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* L., 1758.

Figure 44.- Predator captures in traps after reworking a subtidal seeding area. Captures of predators decreased from the second day onwards. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *Liocarcinus marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* Linnaeus, 1758. .... 76

Figura 45.- Nun banco marisqueiro sometido a seguimento de stocks e capturas, mentres que a porcentaxe de capturas por debaixo do tamaño comercial mínimo (NC (%)) foi alta, a taxa de recrutamento ou densidade de recrutas no outono en comparación coa dos reprodutores na primavera (R/ S) foi inferior a 1. Cando se estableceu un control estrito do tamaño dos exemplares capturados e se elevou o tamaño mínimo da primeira captura (> T mínimo), a taxa de recrutamento foi

---

superior a 1 (a). Neste banco púidose demostrar unha relación significativa entre a porcentaxe de exemplares capturados por debaixo do tamaño comercial mínimo e unha menor taxa de recrutamento cando as capturas por debaixo dese tamaño se mantiveron no tempo (b).

Figura 45.- En un banco marisqueiro sometido a seguimientto de stock y capturas mientras el porcentaje de capturas por debajo de la talla mínima comercial (NC (%)) fue elevado, la tasa de reclutamiento, o densidad de reclutas en otoño respecto de la de reproductores en primavera (R/S) fue inferior a 1. Cuando se estableció un control estricto del tamaño de los ejemplares capturados y se elevó el tamaño mínimo de primera captura (> T mínimo), la tasa de reclutamiento fue superior a 1 (a). En este banco se ha podido demostrar una relación significativa entre el porcentaje de ejemplares capturados por debajo del tamaño mínimo comercial y una menor tasa de reclutamiento cuando las capturas por debajo de esa talla se sostenían en el tiempo (b).

Figure 45.- In a shellfish ground subjected to stock and catch monitoring while the proportion of catches below the minimum commercial size (NC (%)) was high, the recruitment rate, or density of recruits in autumn relative to density of reproductive individuals in spring (R/S), was found to be below 1. Once a strict size control system (Control) was implemented for harvested individuals and minimum catch size (> T mínimo) was raised, recruitment rates were above 1 (a). In this ground, a significant relationship was observed between the percentage of harvested individuals below the minimum commercial size (NC(%)) and low recruitment rates (R/S) when catches of smaller individuals were sustained over time..... 77

---

## Listado de táboas:

### List of tables

Táboa 1.- Coeficiente de correlación de Pearson entre a moda granulométrica (Moda-phi), o contido en materia orgánica (% OM) e a profundidade da capa de discontinuidade potencial redox (Z-DPR) dos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada (Parada, 2005). \*\*\*correlación moi altamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Tabla 1.- Coeficiente de correlación de Pearson entre la moda granulométrica (Moda-phi), el contenido en materia orgánica (% MO) y la profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (Z-DPR) de los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada (Parada, 2005). \*\*\* correlación muy altamente significativa ( $p < 0.001$ ).

Table 1.- Pearson's correlation coefficients among granulometric mode (Moda-phi), organic matter content (% MO), and depth of the redox potential discontinuity layer (Z-RPD) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay (Parada, 2005). \*\*\* Highly significant correlation ( $p < 0.001$ )..... 32

Táboa 2.- Coeficiente de correlación de Pearson entre as variables faunísticas: riqueza específica (R.E.), densidade (DEN) e diversidade (H') e as características do sedimento: moda granulométrica (Moda-phi), contido en materia orgánica (% OM) e profundidade do sedimento. Capa de discontinuidade do potencial redox (Z-DPR) nas rías de Pontevedra e Aldán e na entrada da Lanzada. (Parada, 2005). \*\*\*correlación moi altamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Tabla 2.- Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables faunísticas: riqueza específica (R.E.), densidad (DEN) y diversidad (H') y las características del sedimento: moda granulométrica (Moda-phi), contenido en materia orgánica (% MO) y profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (Z-DPR) en las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. (Parada, 2005). \*\*\* correlación muy altamente significativa ( $p < 0.001$ ).

Table 2.- Pearson's correlation coefficient between faunal variables: species richness (R.E.), density (DEN), and diversity (H') and sediment parameters: granulometric mode (Moda-phi), organic matter content (% MO), and depth of the redox potential discontinuity layer (Z-RPD) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay (Parada, 2005). \*\*\* Highly significant correlation ( $p < 0.001$ ). ..... 36

Táboa 3.- Compactación a 3 cm de profundidade no sedimento (KPa) e variables faunísticas da comunidade bentónica (diversidade, H' e diversidade relativa, J) nun banco marisqueiro antes de ser sometido a remoción de substrato (CP2\_16); 18 meses despois e antes dunha segunda remoción (CP2\_18) e 12 meses despois da segunda remoción (CP2\_19).

Tabla 3.- Compactación a 3 cm de profundidad en el sedimento (KPa) y variables faunísticas de la comunidad bentónica (diversidad, H' y diversidad relativa, J) en un banco marisqueiro antes de ser sometido a remoción del substrato (CP2\_16); 18 meses después y antes de un segundo labrado (CP2\_18) y 12 meses después del segundo labrado (CP2\_19).

Table 3.- Compaction at a sediment depth of 3 cm (KPa) and faunal variables of the benthic community (diversity, H', and evenness, J) in a shellfish ground before substrate reworking (CP2\_16); 18 months after the first ploughing and before the second (CP2\_18), and 12 months after the second ploughing (CP2\_19).....64

Táboa 4.- Variables faunísticas da comunidade bentónica nunha zona sometida a retirada de mexillón. CA16, antes da retirada do mexillón; CA18, 15 meses despois da retirada do mexillón e CA19, 27 meses despois do traballo.

Tabla 4.- Variables faunísticas de la comunidad bentónica en un área sometida a retirada de mejillón. CA16, antes de la retirada de mejillón; CA18, 15 meses después de la retirada de mejillón y CA19, 27 meses después de los trabajos.

Table 4.- Faunal variables (Nº do familias, number of families; ind/m<sup>2</sup>, density; H', diversity; J, evenness) of the benthic community in an area subjected to mussel removal. CA16, before mussel removal; CA18, 15 months after mussel removal and CA19, 27 months after the works. ....71

---

## 1. INTRODUCCIÓN

A actividade marisqueira en Galicia regúlase mediante plans de xestión que se elaboran trimestralmente para cada un dos recursos de cada entidade asociativa do sector. Estes plans inclúen, entre outras cousas, a xestión da explotación dos recursos en canto á organización do traballo: cotas, vedas temporais ou espaciais, tamaños mínimos de extracción, etc. Os plans tamén conteñen a organización de traballos non extractivos. Estes refírense a labores de conservación das condicións das poboacións explotadas (traslados, sementeiras, etc.) e das condicións do hábitat, tanto no que respecta ás condicións do substrato, como ás especies competidoras, depredadores, limpeza de algas, retirada de lixo mariño, etc. Estes traballos de conservación realízanse de xeito rutineiro e teñen os mesmos fundamentos científicos e técnicos que os realizados con carácter extraordinario, co obxectivo de recuperar a produción e o hábitat nos bancos marisqueiros que, por diferentes motivos, perderon a súa produtividade.

Os primeiros traballos sobre substratos brandos en Galicia dende a perspectiva das comunidades bentónicas foron iniciados por Mora (1980) na Universidade de Santiago de Compostela. No ámbito do marisqueo véñse traballando dende finais do século XX, especialmente en obxectivos relacionados coa dinámica e a patoloxía poboacional no Centro de Investigación Mariñas (CIMA) da Xunta de Galicia e no Instituto Español de Oceanografía (Alonso *et al.*, 1985; Mejuto, 1984). Porén, en poucas ocasións a explotación e xestión dos recursos marisqueiros relacionouse coas comunidades bentónicas dende o punto de vista ecosistémico ou, cando menos, ecolóxico (Planas *et al.*, 1984; Fernández, 1986). Por outra banda, dende os anos 70 do século XX, en Galicia lévanse a cabo traballos de mellora, restauración e conservación dos bancos marisqueiros que inclúen intervencións sobre as características do substrato e a xestión das poboacións de especies de interese comercial (Fernández Cortés *et al.*, 1979).

O presente documento amosa as relacións entre a ecoloxía bentónica e a explotación e xestión dos recursos marisqueiros. Máis polo miúdo, repasa as bases ecolóxicas que sustentan os labores de conservación e restauración do hábitat dos bivalvos de interese comercial na explotación marisqueira. Non pretende ser un estudo científico que discuta os resultados obtidos con cada técnica de restauración, nin un documento técnico que expoña os procedementos de diagnóstico

### Bancos marisqueiros e perspectiva sistémica.

Os bancos marisqueiros pódense definir como zonas que polas súas condicións físicas e biolóxicas albergan unha densidade (individuos por unidade de superficie) de especies de interese comercial suficiente para manter unha explotación economicamente rendible. A densidade de poboación pode ser elevada porque a zona é un lugar onde se asentan de xeito natural os xuvenís das especies de interese unha vez rematada a súa fase larval, ou porque alí se trasladan ou introducen exemplares mediante "sementeiras" procedentes doutros lugares ou de explotacións.

A aplicación da perspectiva sistémica na xestión dos bancos marisqueiros implica empregar un enfoque amplo e transversal que teña en conta as interconexións entre especies explotadas e non comerciais e o ecosistema no seu conxunto, incluíndo todos os elementos implicados, dende o ámbito socioeconómico e ambiental ao cultural.

---

### O dominio bentónico.

O dominio bentónico é a rexión constituída polo fondo dun ecosistema acuático. Inclúe tanto o substrato como os organismos que viven sobre e dentro del. O substrato pode ser de natureza rochosa (bentos de substratos duros) ou areoso ou lamacento (bentos de substratos brandos). Os organismos que viven sobre o substrato chámanse epibentónicos e os que viven enterrados nel son endobentónicos.

ou a metodoloxía máis axeitada en cada caso. Tampouco se pretende facer unha revisión exhaustiva das técnicas de conservación e restauración dos bancos marisqueiros. Tomando como punto de partida as experiencias dun amplo abano de traballos de restauración, este documento busca expor os fundamentos científicos nos que se basean as técnicas de conservación e restauración máis utilizadas no marisqueo en Galicia. Así mesmo, búscase destacar os parámetros empregados para o diagnóstico e/ou o seguimento dos resultados da súa aplicación. Ademais, preténdese destacar a necesidade de aplicar de forma rutineira estas técnicas de conservación. Por outra banda, búscase demostrar o seu encaixe, xunto co do marisqueo artesanal e non mecanizado tal e como se entende en Galicia, dentro da perspectiva sistémica tal e como se recolle na Directiva Marco de Estratexia Mariña da UE.

## 2. AS COMUNIDADES BENTÓNICAS

Unha comunidade pode ser definida como un grupo de organismos que conviven nun ambiente determinado, presumiblemente interactuando entre si, e co medio, e que é ecoloxicamente diferente doutros grupos (Mills, 1969). Aínda que o concepto de comunidade bentónica é máis antigo (Petersen, 1914), esta é unha das definicións de comunidade máis aceptadas. Sendo consciente de que se trata máis dun gradiente continuo que de entidades discretas (Gray, 1981), a utilización do concepto de comunidades con fins descritivos resulta moi útil para comparar estudos e ambientes bentónicos, e como elementos integradores das características do medio. De feito, Thorson (1957) describe varias comunidades paralelas con semellanzas globais en diferentes rexións xeográficas do mundo en función de especies do mesmo xénero presentes en cada rexión. A nomenclatura destas comunidades baséase fundamentalmente no nome dunha ou dúas especies, xeralmente moluscos e equinodermos, que non son necesariamente as máis abundantes nelas. Ás veces, dentro das comunidades, pode predominar unha determinada especie sen grandes alteracións do conxunto. Nestes casos fálase de facies dunha comunidade como certa especialización da comunidade fronte a condicións algo máis específicas.

As comunidades están estreitamente relacionadas coas características do sedimento que, á súa vez, son integradoras de diferentes variables como o hidrodinamismo e o contido en materia orgánica. Polo tanto, para comprender a distribución das comunidades bentónicas cómpre comezar por describir a sucesión dos ambientes sedimentarios.

## 2.1. Os sedimentos.

### 2.1.1. OS SEDIMENTOS E O HIDRODINAMISMO.

*A textura ou o tamaño das partículas dos sedimentos achega unha información directa do hidrodinamismo dominante nunha zona (Reineck e Singh, 1980).*

Unha observación atenta, pero a simple vista, da composición dos sedimentos, achega unha valiosa información sobre a súa orixe. Nos esteiros, os sedimentos son maioritariamente de orixe terríxena e están compostos por fragmentos procedentes da erosión das rochas, mentres que nas zonas máis dominadas pola influencia mariña a súa orixe é organóxena e están compostos fundamentalmente por restos de cunchas e outros fragmentos de organismos mariños. Pero cando se observan os sedimentos, o primeiro que chama a atención é o tamaño das súas partículas. Son ben coñecidas as funcións matemáticas de autores como Sundborg (1956) ou Reineck (1980) (en Olalla, 1995), que relacionan os procesos de resuspensión, transporte e sedimentación coa velocidade da corrente e o tamaño das partículas (**figura 1**). Ademais, o tamaño das partículas está moi relacionado coa porosidade e compactación do sedimento (Velde, 1996) e, polo tanto, coa circulación da auga no seu interior ou a dispoñibilidade de intersticios para la fauna. De feito, os depósitos de sedimentos dependen fundamentalmente do hidrodinamismo e do tamaño das partículas (Gray, 1981).

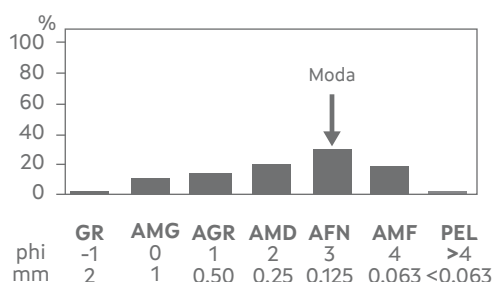
#### A textura do sedimento.

A textura do sedimento fai referencia ao tamaño, forma e relación das partículas que o compoñen. O tamaño de gran das partículas do sedimento determínase mediante técnicas granulométricas. Os resultados dunha granulometría non só achegan información sobre a distribución do tamaño, senón tamén, entre outras cousas, sobre o tamaño predominante (moda granulométrica) ou a heteroxeneidade de tamaños (coeficiente de selección). O tamaño do gran adoita medirse en milímetros. A escala máis utilizada é a de Wentworth (Kenny e Sotheran, 2013) e establece un tamaño inferior a 0,063 mm para as pelitas (limos e arxilas) e superior a 2 mm para as gravas. Os límites das categorías desta escala son progresivamente máis estreitos a medida que se pasa dunha categoría a outra, polo que o seu ancho cambia. Isto xera certas distorsións nas análises numéricas e na representación gráfica dos resultados. Para evitar estes problemas, utilízase a escala phi ( $\Phi$ ). Esta escala transforma unidades de mm en unidades logarítmicas ( $-\log_2(\text{mm})$ ), de xeito que todas as categorías toman a mesma amplitude. Na escala phi, as pelitas teñen un valor de 4 e as gravas -2.

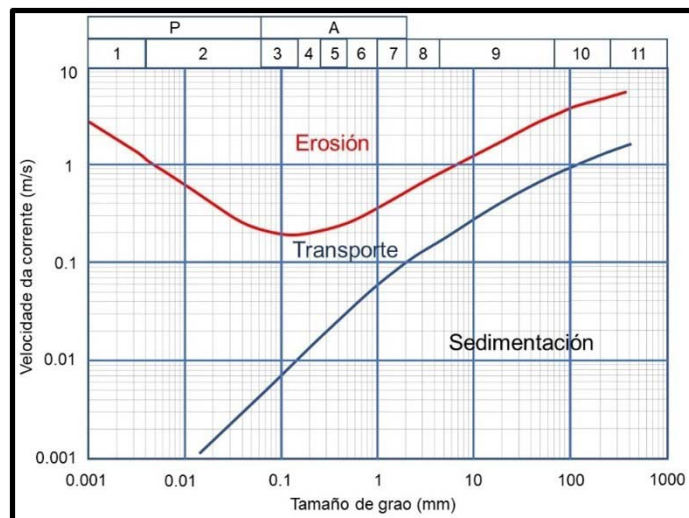
#### Escala de Wentworth

| Clase textural         | Escala mm     | Escala $\Phi$ |
|------------------------|---------------|---------------|
| Gravas (GR)            | > 2           | -2            |
| Areas moi grosas (AMG) | 2 - 1         | -1 - 0        |
| Areas grosas (AG)      | 1 - 0.5       | 0 - 1         |
| Areas medias (AM)      | 0.5 - 0.25    | 1 - 2         |
| Areas finas (AF)       | 0.25 - 0.125  | 2 - 3         |
| Areas moi finas (AMF)  | 0.125 - 0.062 | 3 - 4         |
| Pelitas (PEL)          | < 0.062       | 4             |

A composición granulométrica amósase en termos de porcentaxe en peso de cada clase textural



As rías de Pontevedra e Aldán e a enseada da Lanzada presentan unha configuración xeográfica que permite amosar un modelo da heteroxeneidade da distribución espacial dos sedimentos en tres tipos de ambientes costeiros: unha ría cunha única canle orientada ao hidrodinamismo oceánico do SW e unha influencia importante dunha achega fluvial; unha pequena ría orientada ao norte con pouca influencia do hidrodinamismo oceánico dominante e poucas achegas fluviais; e unha enseada sen achegas terrixenas aberta á influencia oceánica. Tomando a distribución espacial dos sedimentos nestas tres entidades xeográficas é posible describir un modelo de sucesión de ambientes sedimentarios (Parada, 2005).



**Figura 1.-** Diagrama de Hjulström. Amosa a relación entre a velocidade actual a un metro sobre o fondo e os procesos de erosión, transporte e sedimentación en función do tamaño de gran. P, pelitas; A, areas; 1, arxilas; 2, limos; 3, areas moi finas; 4 areas finas; 5, areas medias; 6, areas grosas; 7 areas moi grosas; 8, gravas; 9, seixos; 10, coios; 11, bolos. Modificado de Nichols (2009).

**Figura 1.-** Diagrama de Hjulström. Muestra la relación entre velocidad de la corriente a un metro sobre el fondo y los procesos de erosión, transporte y sedimentación en función del tamaño de grano. P, pelitas; A, arenas; 1, arcillas; 2, limos; 3, arenas muy finas; 4 arenas finas; 5, arenas medias; 6, arenas gruesas; 7 arenas muy gruesas; 8, gravas; 9, pebbles; 10, cobbles; 11, boulders. Modificado a partir de Nichols (2009). "Tamaño de gra", tamaño de grano; "Velocidade da corrente", velocidade de la corriente.

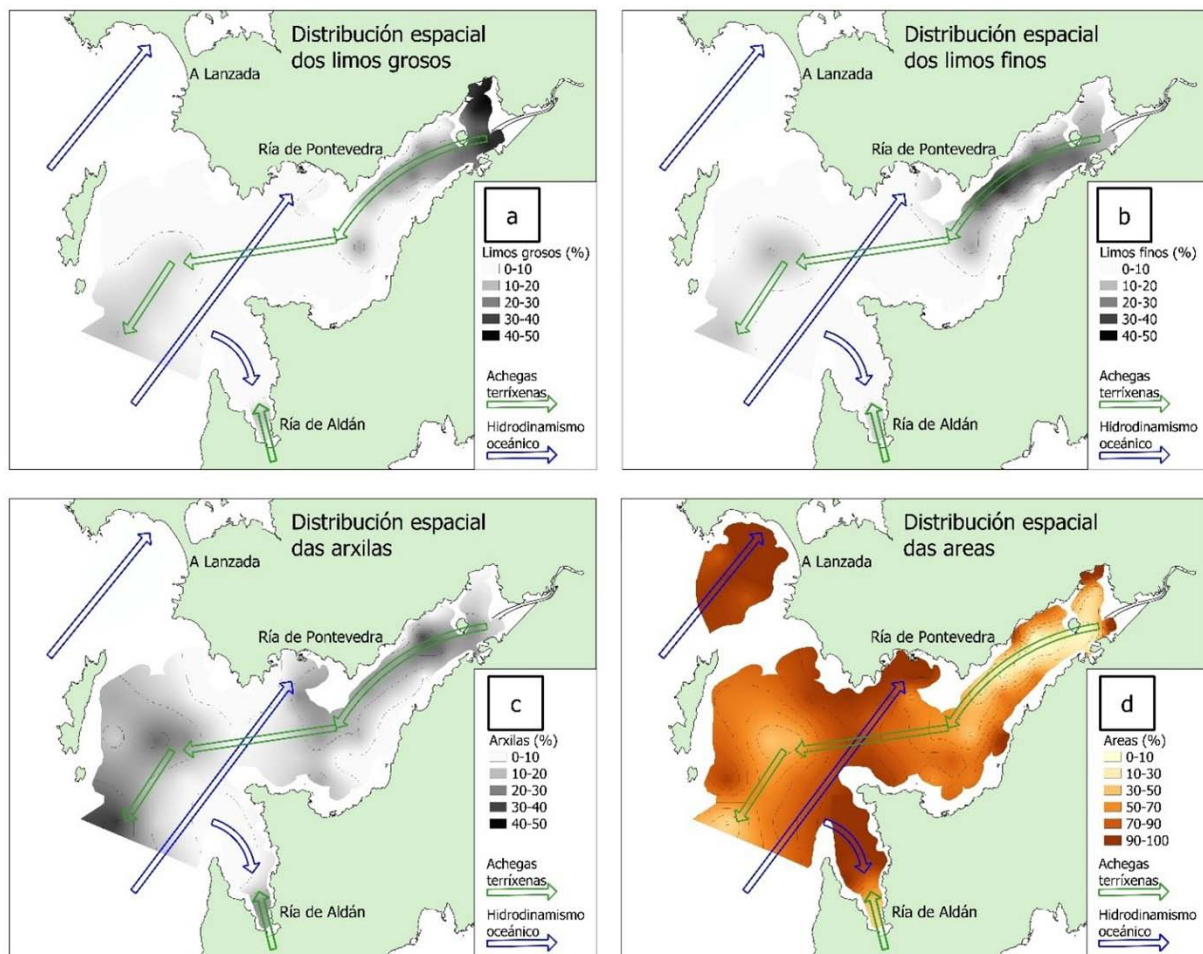
**Figure 1.** Hjulström diagram showing the relationship between current velocity 1 m above the bottom and erosion (Erosion), transport (Transporte), and sedimentation (Sedimentación) processes according to grain size. P, mud; A, sand; 1, clay; 2, silt; 3, very fine sand; 4, fine sand; 5, medium sand; 6, coarse sand; 7, very coarse sand; 8, granules; 9, pebbles; 10, cobbles; 11, boulders. Modified from Nichols (2009).

---

## 2.1.2. A DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS.

*A forma en que o sedimento é transportado depende da enerxía do fluxo de agua e do tamaño das partículas (Reineck et al., 1980).*

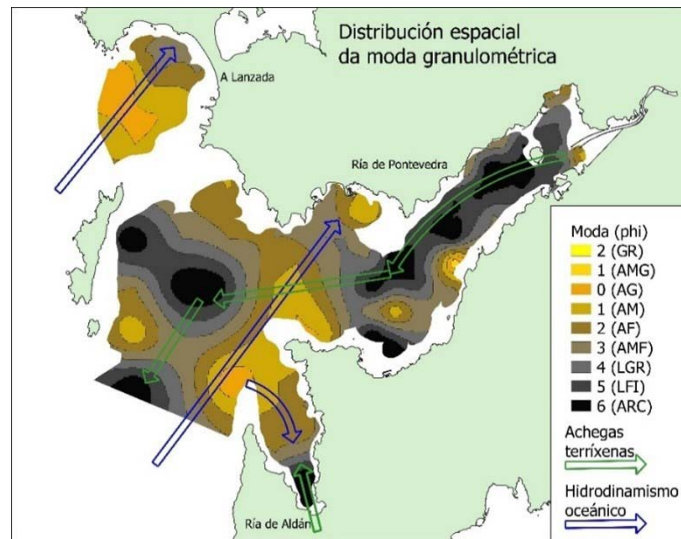
Ao longo da canle dunha ría como a de Pontevedra, e partindo do final do esteiro que desemboca no seu interior, os primeiros elementos finos que se sedimentan son os limos grosos. A maior parte dos limos finos aséntase un pouco máis lonxe na canle e as arxilas, máis liviáns, son a fracción fina que chega máis lonxe, polo que a súa presenza é maior na bacía de sedimentación máis profunda do final da ría (**figura 2**). A diferenza destas fraccións finas, as areas sedimentan no final do esteiro e nas zonas máis expostas ao hidrodinamismo oceánico (**figura 2**). A sucesión de sedimentos reflicte a influencia do hidrodinamismo. Tendo en conta a distribución espacial da moda granulométrica, na chaira de sedimentación do esteiro situado no interior da ría prodúcese un gradiente sedimentario que vai de areas moi grosas a areas moi finas (Cerviño *et al.*, 1982; Alonso *et al.*, 1985; figura 3). Xa na canle principal da ría prodúcese unha sucesión das modas de limos grosos, limos finos e arxilas. Estas arxilas chegan ao exterior da ría nunha distribución gradual da moda granulométrica que só se ve interrompida polo hidrodinamismo oceánico naquelas partes da ría máis expostas por mor da súa configuración xeográfica ou profundidade (**figura 3**). Así, en lugares como a ría de Aldán, con pequenas achegas fluviais e exposición moderada ao océano, os sedimentos finos permanecen confinados no interior, e a zona exterior, máis exposta, está dominada polas areas. Nestes casos, fórmase un gradiente de modas granulométricas cada vez máis grosas do interior ao exterior (**figura 3**). No caso de enseadas abertas directamente ao océano e sen achegas terríxenas, como no caso da enseada da Lanzada, a distribución espacial dos sedimentos constitúe unha sucesión similar de modas granulométricas, pero no rango das areas, sen elementos finos e predominantemente de orixe organóxena (**figura 3**).



**Figura 2.-** Distribución espacial de limos grosos (a), limos finos (b), arxilas (c) e areas (d) nas rías de Pontevedra e Aldán e na enseada da Lanzada. Modificado de Parada (2005).

**Figura 2.-** Distribución espacial de los limos gruesos (a), limos finos (b), arcillas (c) y arenas (d) en las rías de Pontevedra y Aldán y la enseada de A Lanzada. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

**Figure 2.-** Spatial distribution of coarse silt (a), fine silt (b), clays (c), and sands (d) in the rías of Pontevedra and Aldán and in A Lanzada bay. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows.



**Figura 3.-** Distribución espacial da moda granulométrica dos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada. GR, gravas; AMG, areas moi grosas; AM, areas medias; AF, areas finas; AMF, areas moi finas; LGR, limos grosos; LFI, limos finos; ARC, arxilas. Modificado de Parada (2005).

**Figura3.-** Distribución espacial de la moda granulométrica de los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la enseada de A Lanzada. GR, gravas; AMG, arenas muy gruesas; AM, arenas medias; AF, arenas finas; AMF, arenas muy finas; LGR, limos gruesos; LFI, limos finos; ARC, arcillas. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

**Figure 3.-** Spatial distribution of granulometric modes in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay. GR, gravel; AMG, very coarse sand; AG, coarse sand; AM, medium sand; AF, fine sand; AMF, very fine sand; LGR, coarse silt; LFI, fine silt; ARC, clays. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows.

A textura do sedimento está relacionada co seu contido en materia orgánica e a difusión de osíxeno no seu interior, de xeito que o aumento de pelitas (limos e arxilas) e de materia orgánica no sedimento eleva a capa de discontinuidade do potencial redox (DPR) cara á superficie dos sedimentos (Fenchel e Riedl, 1970). A moda granulométrica, o contido en materia orgánica e a profundidade da capa DPR están moi relacionados (**táboa 1**). Na capa DPR o potencial redox pasa de valores positivos de Eh, que corresponden a unha boa osixenación do sedimento, a valores negativos que indican deficiencia de osixenación e aumento de sulfuro de hidróxeno por exceso de materia orgánica, e o sedimento toma unha coloración negra (**figura 4**). Canto máis fino é o sedimento, maior é o contido de materia orgánica e menor é a profundidade da capa DPR porque no proceso de oxidación do exceso de materia orgánica se consume osíxeno (Pearson e Stanley, 1979). Deste xeito, a distribución do contido de materia orgánica e a profundidade da capa de discontinuidade do potencial redox no sedimento son paralelas á distribución espacial da moda (**figura 5**).

#### O potencial redox (Eh).

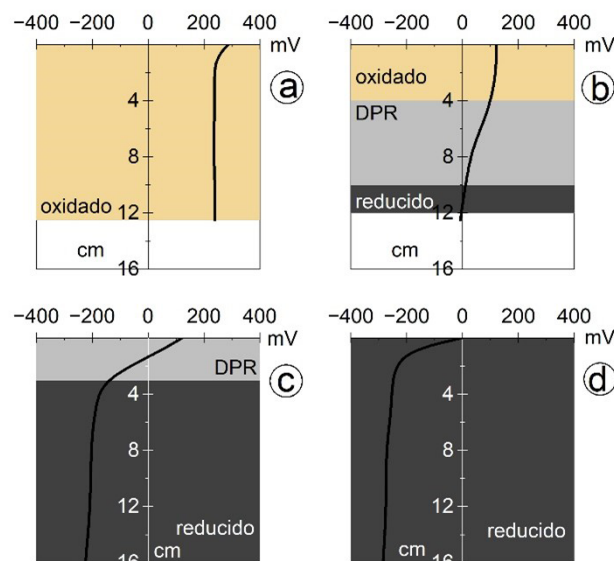
A degradación microbiana da materia orgánica consume grandes cantidades de osíxeno e xera ácido sulfúrico ou sulfuro de hidróxeno (H<sub>2</sub>S). Un gas tóxico cun cheiro característico a "ovo podre". A oxidación deste gas produce aínda máis consumo de osíxeno. Os efectos do enriquecemento orgánico no sedimento pódense medir por medio do potencial redox (Eh). Os valores negativos de Eh indican redución (sedimentos anóxicos), mentres que os valores positivos corresponden a sedimentos osixenados (McLusky, 1990).

**Táboa 1.-** Coeficiente de correlación de Pearson entre a moda granulométrica (Moda-phi), o contido en materia orgánica (% OM) e a profundidade da capa de discontinuidade potencial redox (Z-DPR) dos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada (Parada, 2005). \*\*\*correlación moi altamente significativa ( $p < 0,001$ ).

**Tabla 1.-** Coeficiente de correlación de Pearson entre la moda granulométrica (Moda-phi), el contenido en materia orgánica (% MO) y la profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (Z-DPR) de los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la enseada de A Lanzada (Parada, 2005). \*\*\* correlación muy altamente significativa ( $p < 0.001$ ).

**Table 1.-** Pearson's correlation coefficients among granulometric mode (Moda-phi), organic matter content (% MO), and depth of the redox potential discontinuity layer (Z-RPD) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay (Parada, 2005). \*\*\* Highly significant correlation ( $p < 0.001$ ).

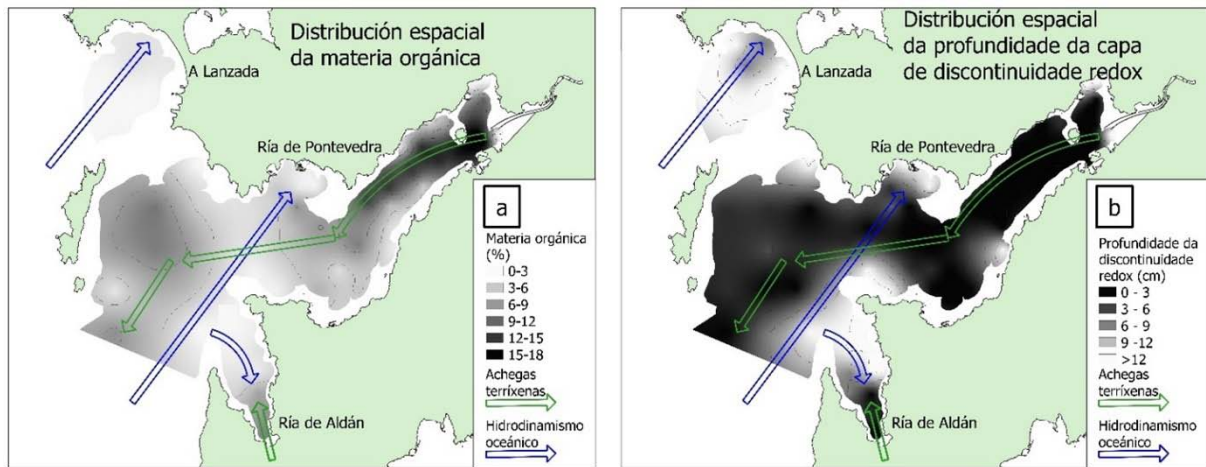
|       | Moda-phi | % MO |            |
|-------|----------|------|------------|
| % MO  | 0.709    | ***  |            |
| Z-DPR | -0.645   | ***  | -0.659 *** |



**Figura 4.-** Catro casos típicos de perfil redox. En sedimentos ben osixenados o potencial redox (Eh) mantense en valores positivos ao longo do perfil (a). En sedimentos de gran fino, é habitual que a capa oxidada non inclúa todo o perfil ou sexa substituída xa dende a superficie pola capa DPR na que os valores de Eh diminúen rapidamente ata valores negativos (b, c). En sedimentos lamacentos ou pouco osixenados todo o perfil redúcese, con valores negativos de Eh dende a superficie (d).

**Figure 4.-** Cuatro casos típicos de perfil redox. En sedimentos de bien oxigenados el potencial redox (Eh) se mantiene en valores positivos en todo el perfil (a). En sedimentos de grano más fino es frecuente que la capa oxidada no incluya todo el perfil o sea sustituida ya desde la superficie por la capa DPR en la que los valores de Eh disminuyen rápidamente hasta valores negativos (b, c). En sedimentos fangosos o mal oxigenados todo el perfil se encuentra reducido, con valores negativos del Eh desde la superficie (d).

**Figure 4.-** Four typical examples of redox profiles. In well-oxygenated sediments, redox potential (Eh) remains positive across the whole profile (a). In finer sediments, the oxidized layer (oxidado) often does not occupy the whole profile or is replaced already at the surface by the RPD layer, where Eh rapidly decreases to negative values (b, c). In muddy or poorly oxygenated sediments, the whole profile is reduced (reducido), and Eh values are negative already at the surface (d).



**Figura 5.-** Distribución espacial do contido en materia orgánica (a) e da profundidade da capa de discontinuidade do potencial redox (b) nos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada. Modificado de Parada (2005).

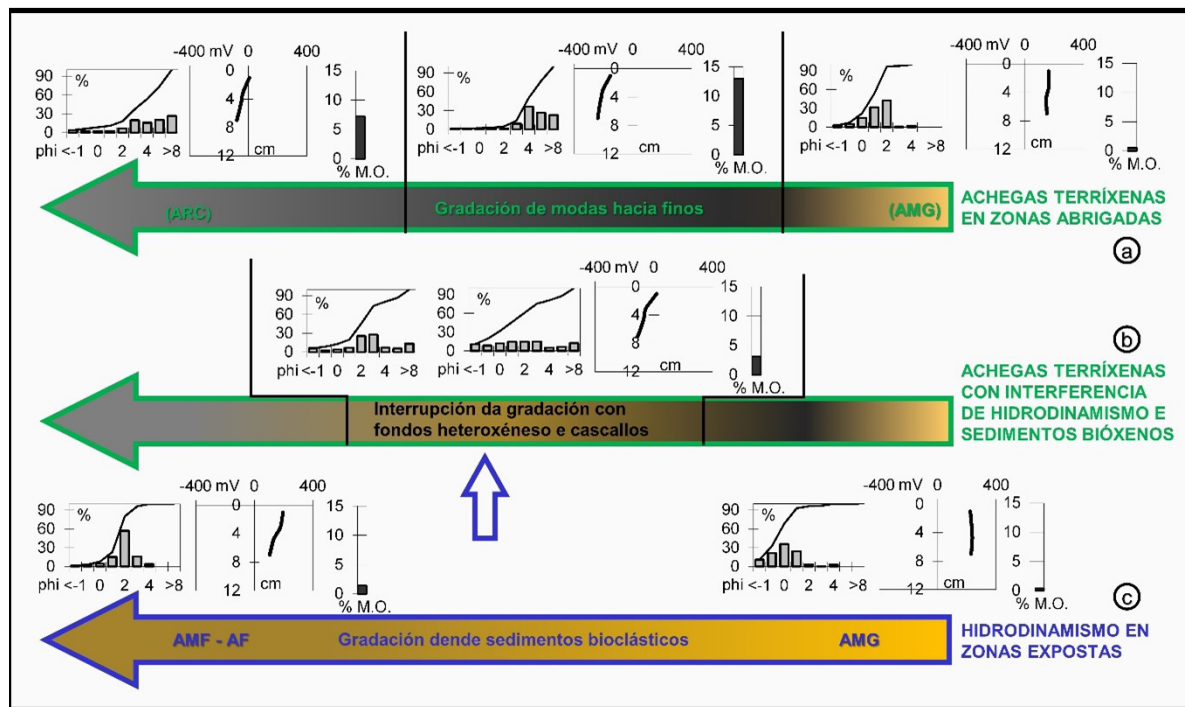
**Figura 5.-** Distribución espacial del contenido en materia orgánica (a) y la profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (b) en los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensada de A Lanzada. Modificado a partir de Parada (2005). Los aportes terrígenos se muestran con flechas verdes. El hidrodinamismo oceánico se muestra con flechas azules.

**Figure 5.-** Spatial distribution of organic matter content (a) and depth of the redox potential discontinuity layer (b) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay. Modified from Parada (2005). Terrigenous sedimentary contributions are shown with green arrows. Ocean hydrodynamics is represented by blue arrows.

---

### 2.1.3. MODELO XERAL DE SEDIMENTACIÓN.

Deste xeito, é posible establecer un modelo xeral de sedimentación en función da orixe dos sedimentos e do hidrodinamismo. Nas desembocaduras dos esteiros aséntanse os sedimentos máis grosos de orixe terríxena e o tamaño de gran dos sedimentos diminúe coa distancia ao esteiro. Ao mesmo tempo que a moda granulométrica pasa de areas moi grosas a limos e arxilas, o contido en materia orgánica aumenta ao principio, para reducirse lixeiramente nos sedimentos máis arxilosos e máis afastados. Paralelamente, o perfil redox, inicialmente con valores positivos, vai tomando valores negativos dende a superficie (**figura 6a**). Este modelo vese alterado se o curso do transporte de sedimentos finos é interrompido por outra fonte de hidrodinamismo. É o caso do hidrodinamismo de orixe oceánica do SW na zona central da ría de Pontevedra. Neste caso, a sucesión cara a sedimentos arxilosos transfórmase en sedimentos bioclásticos heteroxéneos, constituídos por restos calcarios de organismos (sedimentos bióxenos) mesturados con depósitos limosos e arxilosos para dar lugar a cascallos sucios. Nestas zonas, os sedimentos presentan diagramas granulométricos bi e trimodais, o contido en materia orgánica é moderado e o perfil redox amosa valores positivos nos primeiros centímetros. A maior profundidade, onde o hidrodinamismo é menor, a sucesión retómase coa acumulación de elementos arxilosos nas bacías de sedimentación (**figura 6b**). Estes gradientes de sedimentos grosos a finos paralelamente ao contido en materia orgánica coinciden coa visión das rías como un sistema de exportación de materia orgánica cara á plataforma (Figueras e Niell, 1986) que é a súa receptora (Rey *et al.*, ., 1989). En ausencia de achegas terríxenas, ou cando sobre elas dominan as achegas oceánicas, os sedimentos pasan de areas organóxenas grosas, con moi pouco contido orgánico e valores de Eh altos e positivos, a areas medias e finas, con lixeiro contido orgánico e perfís redox que reducen os seus valores nas capas máis profundas, pero non sempre acadan valores negativos (**figura 6c**). Este modelo descrito a partir dos resultados das rías de Pontevedra e Aldán e da enseada da Lanzada (Parada, 2005) tamén se pode ver nas rías de Arousa (Mora, 1980), Vigo (Vilas *et al.*, 1995) ou de Ares e Betanzos. (Sánchez Mata, 1996).



**Figura 6.-** Modelo xeral de sedimentación baseado na distribución espacial da moda granulométrica (en phi), o contido en materia orgánica (%O.M.) e o perfil redox (en mV) (b) nos sedimentos das rías de Pontevedra e Aldán e na enseada da Lanzada, como balance das achegas dos sedimentos terrixenos e do hidrodinamismo oceánico. A sucesión de sedimentos comeza con granulometrías grosas con pouco contido orgánico e perfís redox con valores positivos que se transforman en sedimentos máis finos, con maior contido orgánico e perfís redox negativos a medida que se afastan das desembocaduras dos esteiros (a). Esta sucesión pode verse interrompida polo hidrodinamismo e a achega de sedimentos organóxenos grosos de orixe mariña polo que se orixinan sedimentos heteroxéneos bi e trimodais, de cascallos sucios con moderado contido en materia orgánica e perfís redox que se tornan negativos a medida que se afonda no sedimento (b). Nas zonas expostas sen achegas sedimentarias terrixenas predomina o hidrodinamismo na sucesión de sedimentos, con pouca materia orgánica e perfís redox positivos (c). Modificado de Parada (2005). As frechas verdes representan o transporte de sedimentos ao aumentar a distancia dende a súa orixe no esteiro. As frechas azuis representan o hidrodinamismo de orixe oceánica.

**Figura 6.-** Modelo general de sedimentación a partir de la distribución espacial de la moda granulométrica (en phi), del contenido en materia orgánica (%M.O.) y el perfil redox (en mV) (b) en los sedimentos de las rías de Pontevedra y Aldán y la enseada de A Lanzada, como balance de los aportes de sedimentos terrígenos y el hidrodinamismo oceánico. Partiendo de los aportes terrígenos en zonas abrigadas (a), la sucesión de sedimentos comienza con granulometrías gruesas con poco contenido orgánico y perfiles redox con valores positivos que se van transformando en sedimentos más finos, con mayor contenido orgánico y perfiles redox negativos a medida que se alejan de las desembocaduras de los estuarios. Aportes terrígenos con interferencia de hidrodinamismo y sedimentos biógenos (b): la sucesión puede verse interrumpida por el hidrodinamismo y aporte de sedimentos organógenos gruesos de origen marino de forma que se originan sedimentos heterogéneos bi y trimodales, de cascajos sucios con contenido en materia orgánica moderado e perfiles redox que se hacen negativos a medida que se profundiza en el sedimento. En las zonas expuestas sin aportes sedimentarios terrígenos (c) el hidrodinamismo domina en la sucesión de sedimentos, con escasa materia orgánica y perfiles redox positivos. Modificado a partir de Parada (2005).

**Figure 6.-** General sedimentation model based on the spatial distribution of granulometric modes (according to the phi scale), organic matter contents (% OM), and redox profiles (in mV) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay, as a balance between the input of terrigenous sediments and ocean hydrodynamics. From terrigenous input in sheltered areas (a) sediment succession starts at coarse grain sizes with low organic content and redox profiles with positive values, which gradually turn to finer sediments with higher organic contents and negative redox profiles as they move away from the mouths of estuaries. Interruption of modal progresión with heterogeneous sediments and debris (b): The succession can be interrupted by ocean hydrodynamics and by the input of coarse biogenic sediments of marine origin, leading to heterogeneous, bi- and trimodal sediments composed of mixed debris with moderate organic content and redox profiles that become negative with sediment depth. In exposed areas without terrigenous sediment inputs (c), hydrodynamics define sediment succession, with low organic matter contents and positive redox profiles (c). Modified from Parada (2005). ARC, clays; "Gradación de modas hacia finos", Gradual granulometric mode progression towards fine sediments; AMG, very coarse sand; AMF – AF, very fine sand - fine sand; "Gradación dende sedimentos bioclásticos", gradual granulometric mode progression from debris.

## 2.2. Comunidades bentónicas e sedimentos.

### 2.2.1. RELACIÓN DAS VARIABLES FAUNÍSTICAS COS AMBIENTES SEDIMENTARIOS.

*A diversidade varía coa heteroxeneidade do hábitat. Os sedimentos grosos correspóndense cun alto hidrodinamismo, que implica un contorno hostil e baixa diversidade. Limos e arxilas representan un réxime hidrodinámico estable, pero estruturalmente homoxéneo. Os sedimentos heteroxéneos, cunha gran variedade de tamaño de partículas, proporcionan unha grande heteroxeneidade de nichos e, polo tanto, maior diversidade (Gray, 1981).*

As especies bentónicas están moi relacionadas coas condicións físico-químicas do substrato que, á súa vez, reflicten as condicións ambientais do medio en relación co hidrodinamismo. Así, a riqueza específica, a densidade e a diversidade están correlacionadas con características do substrato como a moda granulométrica, o contido en materia orgánica ou a profundidade da capa DPR. Así, os sedimentos máis grosos (menor moda medida en phi), menor contido de materia orgánica e maior profundidade da capa DPR acollen unha fauna bentónica con maior riqueza específica, densidade e diversidade (**táboa 2**).

**Táboa 2.-** Coeficiente de correlación de Pearson entre as variables faunísticas: riqueza específica (R.E.), densidade (DEN) e diversidade (H') e as características do sedimento: moda granulométrica (Moda-phi), contido en materia orgánica (% OM) e profundidade do sedimento. Capa de discontinuidade do potencial redox (Z-DPR) nas rías de Pontevedra e Aldán e na entrada da Lanzada. (Parada, 2005). \*\*\*correlación moi altamente significativa (p < 0,001).

**Tabla 2.-** Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables faunísticas: riqueza específica (R.E.), densidad (DEN) y diversidad (H') y las características del sedimento: moda granulométrica (Moda-phi), contenido en materia orgánica (% MO) y profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox (Z-DPR) en las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada. (Parada, 2005). \*\*\* correlación muy altamente significativa (p < 0.001).

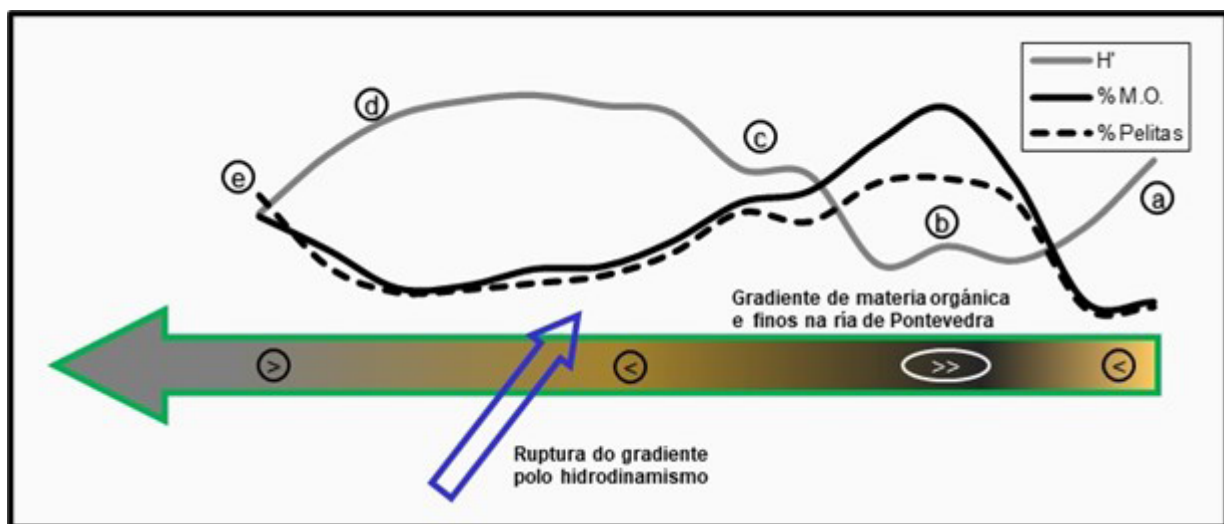
**Table 2.-** Pearson's correlation coefficient between faunal variables: species richness (R.E.), density (DEN), and diversity (H') and sediment parameters: granulometric mode (Moda-phi), organic matter content (% MO), and depth of the redox potential discontinuity layer (Z-RPD) in sediments of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay (Parada, 2005). \*\*\* Highly significant correlation (p <0.001).

#### Riqueza específica, densidade, diversidade e diversidade relativa.

Para describir, comparar e estudar a saúde dos ecosistemas utilízanse variables que indican o número de especies (riqueza específica) e o número de individuos por unidade de superficie (densidade). Tamén se utilizan índices como a diversidade. Estes índices describen como se distribúen os individuos entre o número total de especies. Un ecosistema no que a gran maioría dos individuos pertencen a unhas poucas especies é un ecosistema pouco diverso, mentres que aquel no que todas as especies teñen un número similar de exemplares presenta unha gran diversidade. Pero para un determinado número de especies, a distribución dos individuos é limitada. A diversidade relativa acada o seu valor máximo (1) cando a distribución dos individuos entre as especies existentes nun ecosistema é a máxima posible.

|      | Moda-phi |     | % MO   |     | % MO  |     |
|------|----------|-----|--------|-----|-------|-----|
| R.E. | -0.453   | *** | -0.659 | *** | 0.183 |     |
| DEN  | -0.41    | *** | -0.547 | *** | 0.344 | *** |
| H'   | -0.352   | *** | -0.56  | *** | 0.126 |     |

Polo tanto, é posible integrar as variables faunísticas no modelo xeral de sedimentación. Na zona de sedimentación das áreas do esteiros atópanse valores medios de diversidade ( $H'$ ), coincidindo con valores baixos de materia orgánica e sedimentos finos. Nestas zonas, o estrés salino do esteiro contribúe, xunto co seu hidrodinamismo, a reducir a diversidade ao xerar un medio só apto para as especies máis eurihalinas (**figura 7a**). Pero a diversidade é aínda menor a medida que aumenta o contido de materia orgánica e pelitas (limos e arxilas) ao longo da canle de depósitos dos finos achegados polo esteiro. Cando o hidrodinamismo oceánico favorece a resuspensión de sedimentos finos e proporciona elementos organóxeos máis grosos para constituír os sedimentos heteroxéneos, promóvese un aumento da diversidade (**figura 7b**). Pero cando o hidrodinamismo aumenta demasiado e o contido en materia orgánica diminúe, a diversidade volve diminuír (**figura 7c**). Finalmente, na bacía de sedimentación de arxilas, a profundidade amortece o efecto das ondas e, xunto cos finos, aumenta o contido en materia orgánica, de xeito que a diversidade diminúe aínda máis (**figura 7d**).

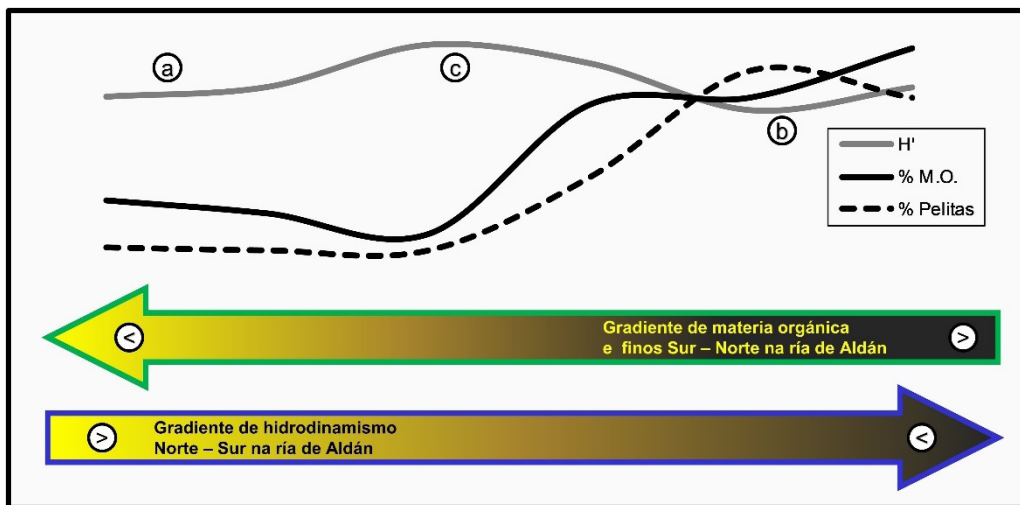


**Figura 7.-** Relación da diversidade da fauna bentónica ( $H'$ ) co contido en limos e arxilas (% Pelitas) e o contido de materia orgánica (% M.O.) ao longo dun gradiente de sedimentación interrompido por un hidrodinamismo que afecta lateralmente. Modificado a partir do modelo de sedimentación na ría de Pontevedra (Parada, 2005).

**Figura 7.-** Relación de la diversidad de la fauna bentónica ( $H'$ ) con el contenido en limos y arcillas (% Pelitas) y el contenido en materia orgánica (% M.O.) a lo largo de un gradiente de sedimentación interrumpido por un hidrodinamismo que incide de forma lateral. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ría de Pontevedra (Parada, 2005).

**Figure 7.-** Relationship of the diversity of benthic fauna ( $H'$ ) with contents of silts and clays (% Pelitas) and organic matter (% M.O.) along a sedimentation gradient interrupted by the lateral influence of hydrodynamics. Modified from the sedimentation model in the ria of Pontevedra (Parada, 2005). "Gradiente de materia orgánica e finos na ría de Pontevedra", gradient of organic matter a fine sediment in ria of Pontevedra; "Ruptura do gradiente polo hidrodinamismo", gradient broken by ocean hydrodynamics.

Cando o hidrodinamismo incide frontalmente sobre as achegas terríxenas dun esteiro ou dunha ría coa orientación xeográfica axeitada, as variables faunísticas responden tamén ao gradiente sedimentario que se produce. A diversidade toma valores máis baixos no exterior, onde o hidrodinamismo é unha fonte de estrés só soportado por algunhas especies (**figura 8a**). O mesmo ocorre nos sedimentos do interior protexido, pero nesta ocasión a fonte de estrés é o contido de materia orgánica e elementos finos en valores que non todas as especies toleran (figura 8b). Os valores máis altos de diversidade prodúcense onde o equilibrio entre estas dúas fontes de estrés é tolerado por un maior número de especies (**figura 8c**).

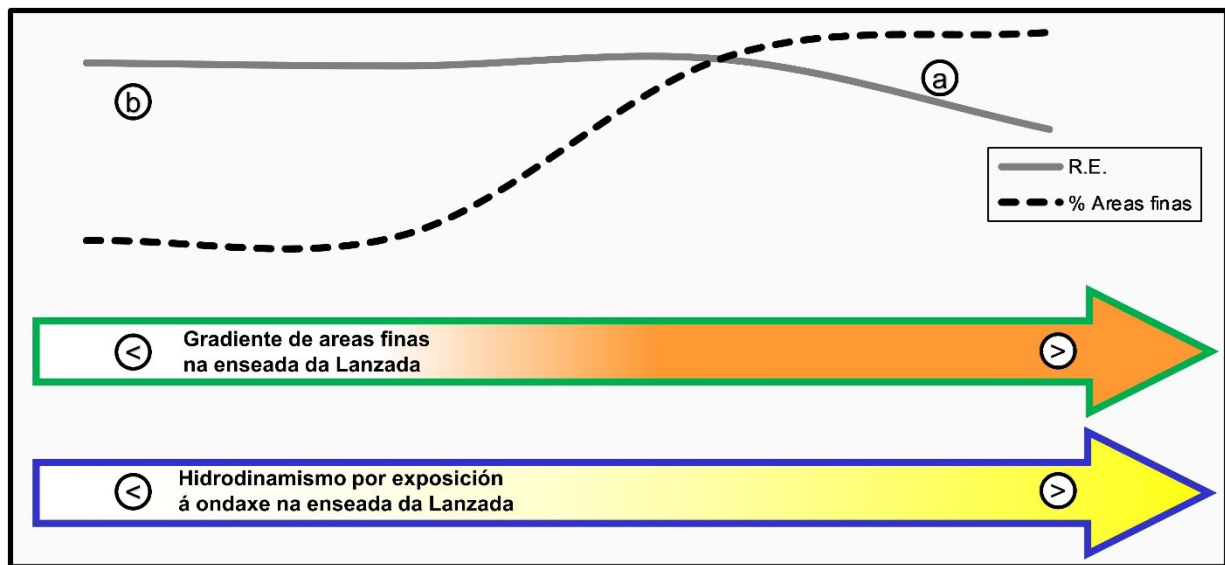


**Figura 8.-** Relación da diversidade da fauna bentónica ( $H'$ ) co contido en limos e arcillas (% Pelitas) e o contido de materia orgánica (% M.O.) nun gradiente orientado frontalmente a un gradiente oposto de hidrodinamismo. Modificado a partir do modelo de sedimentación na ría de Aldán (Parada, 2005).

**Figura 8.-** Relación de la diversidad de la fauna bentónica ( $H'$ ) con el contenido en limos y arcillas (% Pelitas) y el contenido en materia orgánica (% M.O.) en un gradiente de enfrentado frontalmente a un gradiente opuesto de hidrodinamismo. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ría de Aldán (Parada, 2005).

**Figure 8.-** Relationship of diversity of benthic fauna ( $H'$ ) with contents of silts and clays (% Pelitas) and organic matter (% M.O.) along a gradient defined by contents of organic matter and fine elements against an opposite-facing hydrodynamic gradient. Modified from the sedimentation model in the ria of Aldán (Parada, 2005). "Gradiente de materia orgánica e finos Sur – Norte na ría de Aldán", gradient of organic matter and fine sediments South to North in the ria of Aldán; "Gradiente de hidrodinamismo Norte -Sur na ría de Aldán", gradient of hydrodynamics North – South in the ria of Adlán.

No caso de enseadas abertas e expostas directamente ás ondas oceánicas, este é o principal factor que inflúe nas características do sedimento e nas variables ambientais. Nestas situacións, os valores de diversidade e riqueza específica son máis baixos na zona menos profunda da enseada, onde poucas especies son capaces de resistir as condicións da praia exposta (**figura 9a**). A riqueza específica e a diversidade aumentan na zona máis profunda, onde o efecto das ondas é menor e a granulometría é máis grossa (**figura 9b**).



**Figura 9.-** Relación da riqueza específica (R.E.) co gradiente de area fina do sedimento en paralelo á exposición das ondas. Modificado a partir do modelo de sedimentación na enseada da Lanzada (Parada, 2005).

**Figura 9.-** Relación de la riqueza específica (R.E.) con el gradiente de arenas finas del sedimento en paralelo a la exposición al oleaje. Modificado a partir del modelo de sedimentación en la ensenada de A Lanzada (Parada, 2005).

**Figure 9.-** Relationship between species richness (R.E.) and the gradient of fine sand contents in sediments (% Areas finas), which runs parallel to wave exposure. Modified from the sedimentation model in A Lanzada bay (Parada, 2005). "Gradiente de areas finas na enseada da Lanzada", gradient of fine sand in A Lanzada bay; "Hidrodinamismo por exposición á ondaxe na enseada da Lanzada", wave hydrodynamics in A Lanzada bay.

## 2.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.

*Hai unha evidente conexión entre a composición faunística dunha poboación animal e o sedimento no que vive (Thorson, 1957).*

A presenza de sedimentos areosos implica un hidrodinamismo que normalmente é maior en zonas pouco profundas. Neles adoita haber máis dispoñibilidade de alimento para os distintos grupos tróficos. Nas zonas lamacentas hai menos hidrodinamismo, hai alimento dispoñible para unha variedade máis pequena de grupos tróficos e as condicións físico-químicas do sedimento son moi restritivas. O modelo xeral de sedimentación amosa unha gran variedade de ambientes sedimentarios que limitan ou favorecen diferentes grupos de animais que poden asociarse en comunidades. Aínda que as comunidades non son discretas, a agrupación da fauna bentónica neste tipo de asociacións permite categorizar e comparar os diferentes medios sedimentarios. Á sucesión de sedimentos descrita no modelo xeral de sedimentación pódenselle superpoñer as comunidades faunísticas asociadas e máis frecuentes nas rías (**figura 10**).

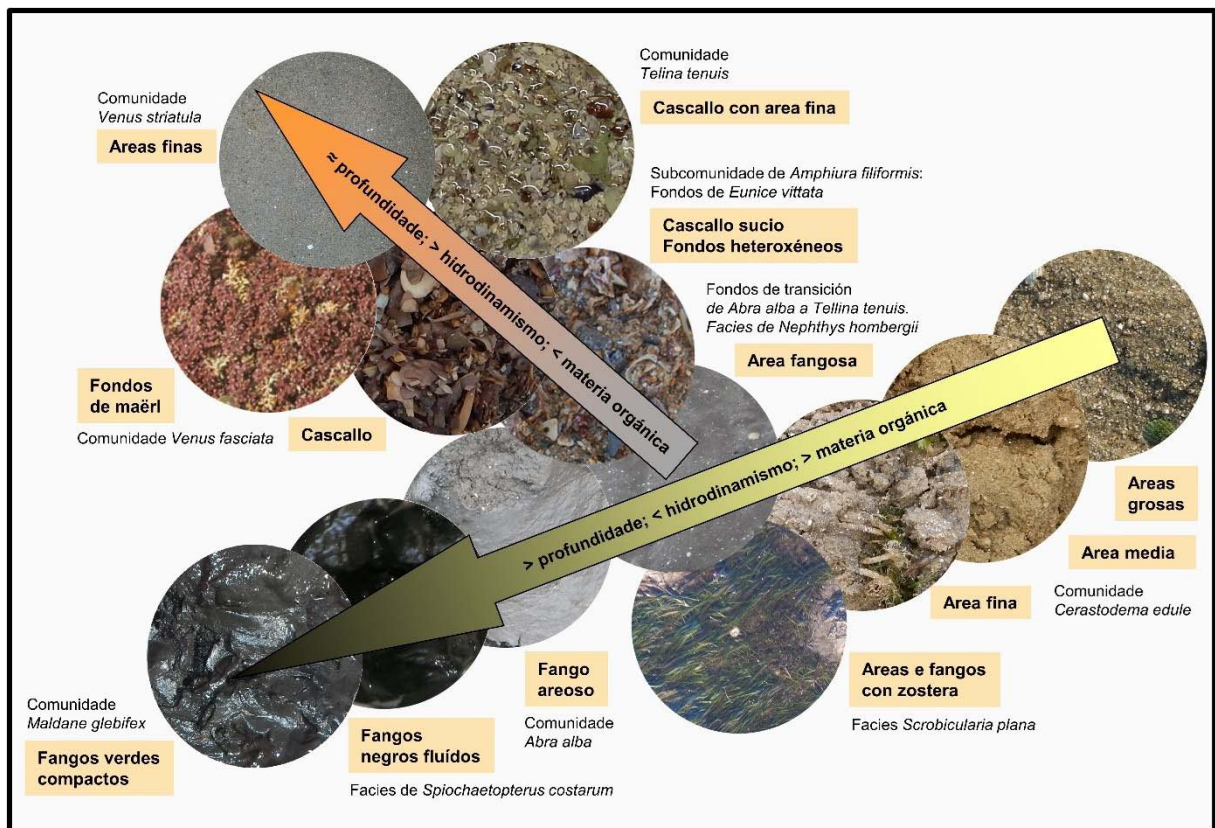
Na sucesión de areas terrixenas dende as grosas ás finas, nos depósitos asociados ás achegas fluviais, aséntase a comunidade *Cerastoderma edule*. Esta comunidade caracterízase pola presenza de especies como *Cerastoderma edule* (L., 1758); *Arenicola marina* (L., 1758) ou *Peringia ulvae* (Banderín, 1777). Cara ás beiras costeiras, en zonas abrigadas, o aumento de materia

---

orgánica e de finos favorece a presenza de lodos de zosteras nos que se desenvolve a facies de *Scrobicularia plana* desta comunidade. A medida que diminúe o hidrodinamismo das achegas fluviais e aumenta a profundidade, o sedimento faise máis fino, dominan os limos grosos e finos e aumenta o seu contido en materia orgánica. Nestes fondos substitúese a comunidade de *Cerastoderma edule* pola comunidade de *Abra alba*. Cando os limos dominan de xeito absoluto, os sedimentos son colonizados por moi poucas especies resistentes a estas lamas negras fluídas moi anóxicas. Neles domina a facies de *Spiochaetopterus costarum* da comunidade *Abra alba*, caracterizada por unha riqueza específica moi baixa e especies como *Spiochaetopterus costarum* (Claparède, 1869); *Ringicula auriculata* (Ménard de la Groye, 1811) ou *Virgularia mirabilis* (Müller, 1776), entre outras. Máis aló dos lodos limosos, nas bacías de sedimentación profundas, aséntanse lodos arxilosos compactos cun característico ton verdoso. Nestes lodos aséntase a comunidade de *Maldane glebifex* (**figura 10**).

A comunidade de *Abra alba* é propia dunha serie moi ampla de sedimentos, entre áreas lamacentas e lamas areosas. Entre ela e a comunidade de *Cerastoderma edule* ou a dos fondos organóxenos, sitúase unha serie de comunidades de transición, como a transición da comunidade de *Abra alba* á de *Tellina tenuis*, con especies como *Leiochone leiopygos* (Grube, 1860), *Loripes orbiculatus* Poli, 1795 ou *Pusillina sarsii* (Lovén, 1846). Estas comunidades de transición son moi variadas. Así, na ría de Arousa, a facies de *Nephtys hombergii* da comunidade de *Abra alba* é a máis estendida nos areas lamacentos entre a desembocadura do Ulla e a canle da ría (Mora, 1980). Nesta facies destacan especies como *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Philine quadripartita* Ascanius, 1772 ou *Photis longicaudata* (Spence Bate & Westwood, 1862) (**figura 10**).

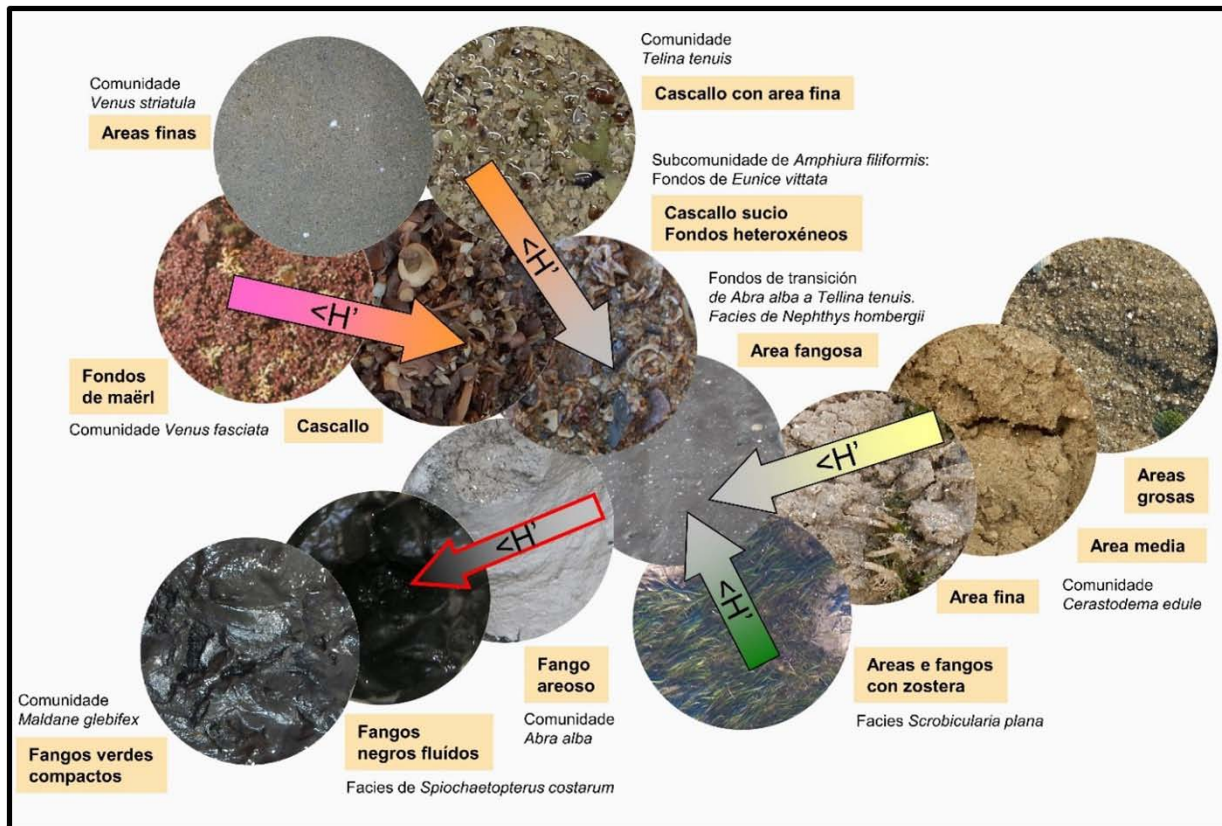
Os fondos bióxenos con cascallos sucios heteroxéneos constitúen os fondos de *Eunice vittata* da subcomunidade de *Amphiura filiformis*. Estes fondos presentan unha gran riqueza específica e diversidade cunha ampla representación de todos os grupos faunísticos. Destacan especies como *Hilbigneris gracilis* (Ehlers, 1868), *Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828) e un gran número de anfípodos e diversos antozoos. A medida que a materia orgánica diminúe, sen gañar moita máis profundidade, aparecen os fondos de cascallos limpos e os fondos de maërl, onde se instala a comunidade *Venus fasciata*; caracterizada pola presenza de *Clausinella fasciata* (da Costa, 1778), especies do xénero *Spisula* (J. E. Gray, 1837) e *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas, 1774). Cando os sedimentos pasan de cascallos a áreas máis finas, son máis propicios para a comunidade de *Venus striatula*, con *Chamelea striatula* (da Costa, 1778), especies dos xéneros *Spisula* (J. E. Gray, 1837) e *Macra* L., 1767, e *Echinocardium cordatum* (Banderín, 1777). En leitos de áreas organóxenas limpas e pouco profundos establécese a comunidade de *Tellina tenuis*, con *Macomangulus tenuis* (da Costa, 1778) e especies do xénero *Donax* L., 1758, nas zonas máis expostas (**figura 10**). Deste xeito, a transición de sedimentos grosos a sedimentos lamacentos leva parella unha diminución da diversidade (**figura 11**).



**Figura 10.-** Distribución das comunidades bentónicas en relación coas características e profundidade dos sedimentos.

**Figura 10.-** Distribución de las comunidades bentónicas en relación con las características de sedimento y la profundidad. "Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heterogéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zosterà", arenas y fondos con zosterà; "Fango areoso", fango arenoso.

**Figure 10.-** Distribution of benthic communities according to sediment characteristics and depth. "Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zosterà", sandy and silty zosterà beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluídos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud.



**Figura 11.-** Diminución da diversidade en relación co aumento do contido en lamas dos sedimentos.

**Figura 11.-** Descenso de la diversidad en relación con el incremento del contenido en fangos de los sedimentos.

"Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heteroxéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zostera", arenas y fondos con zostera; "Fango areoso", fango arenoso.

**Figure 11.-** Decrease in diversity ( $H'$ ) according to the increase in mud content in sediments. Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zostera", sandy and silty zostera beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluidos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud.

---

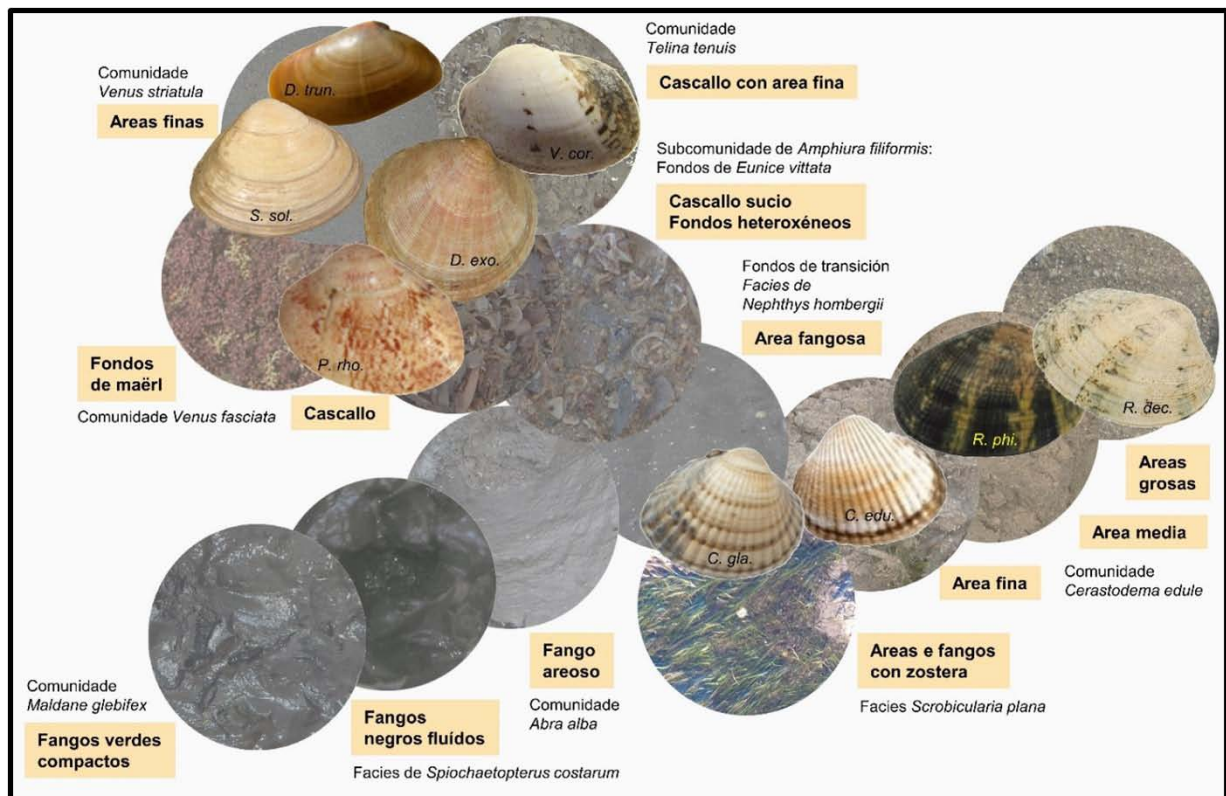
### 2.2.3. OS BIVALVOS DE INTERESE COMERCIAL E AS COMUNIDADES BENTÓNICAS.

*O tipo de granulometría que define un sedimento indica que especies é esperable atoparse nel (Davis, 1925 en Thorson, 1957).*

Os bancos marisqueiros constitúen grupos de especies de interese comercial que, pola densidade das súas poboacións, son capaces de soste unha explotación rendible. Como o resto das especies, as de interese comercial teñen uns requisitos fisiolóxicos que fan que se distribúan en zonas máis ou menos definidas que, como as do resto de especies, están asociadas a diferentes características do substrato, máis aló da exposición á marea. Aínda que as comunidades non poden considerarse unidades discretas e as especies se distribúen nun continuo para que poidan aparecer, aínda que en densidades máis baixas, en sedimentos menos favorables (Mills, 1969), as especies de interese comercial pódense asociar a comunidades bentónicas. Planas *et al.* (1984) e García Fernández (1986) foron dos primeiros en estudar as comunidades bentónicas nos bancos marisqueiros de Galicia.

Especies como a ameixa fina (*Ruditapes decussatus* (L., 1758)), a ameixa xaponesa (*Ruditapes philippinarum* (A. Adams & Reeve, 1850)) e o berberecho (*Cerastoderma edule* (L., 1758)), aséntanse nas áreas dos esteiros, especialmente intermareais da comunidade *Cerastoderma edule*. Un lixeiro enriquecemento orgánico e un pouco máis de profundidade favorecen os bancos de berberecho birollo (*Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789)) que, frecuentemente, coexisten cos fondos de zostera e a facies de *Scrobicularia plana* desta comunidade (**figura 12**).

Nos fondos grosos, dende os cascallos sucios ata os fondos de maërl da comunidade de *Venus fasciata*, aséntanse os bancos de ameixa rubia (*Polititapes rhomboides* (Pennant, 1777)) e carneiro (*Venus verrucosa* L., 1758). A medio camiño entre esta comunidade e as áreas finas da comunidade de *Venus striatula* establécense os bancos de reló (*Dosinia exoleta* (L., 1758)), navalla (*Ensis magnus* Schumacher, 1817) e os de cornicha (*Spisula solida* L., 1758). A ameixa babosa (*Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791)) distribúese predominantemente nas áreas da comunidade de *Tellina tenuis* e nas súas transicións ás comunidades de *Cerastoderma edule* e *Venus striatula*. Nas zonas máis expostas entre as comunidades de *Tellina tenuis* e a de *Venus fasciata* atópanse os leitos da coquina *Donax trunculus* L. 1758 (**figura 12**).



**Figura 12.-** Preferencia de bancos marisqueiros das principais especies de interesse comercial polas comunidades bentónicas e características do sedimento. *D. trun*, *Donax trunculus*; *S. sol.*, *Spisula solida*; *V. cor.*, *Venerupis corrugata*; *D. exo.*, *Dosinia exoleta*; *P. rho.*, *Polititapes romboides*; *C. gla.*, *Cerastoderma glaucum*; *C. edu.*, *C. edule*; *R. phi.*, *Ruditapes philippinarum*; *R. dec.*, *R. decussatus*.

**Figura 12.-** Preferencia de los bancos marisqueiros de las principales especies de interés comercial por las comunidades bentónicas y las características del sedimento. *D. trun*, *Donax trunculus*; *S. sol.*, *Spisula solida*; *V. cor.*, *Venerupis corrugata*; *D. exo.*, *Dosinia exoleta*; *P. rho.*, *Polititapes romboides*; *C. gla.*, *Cerastoderma glaucum*; *C. edu.*, *C. edule*; *R. phi.*, *Ruditapes philippinarum*; *R. dec.*, *R. decussatus*. "Areas finas", arenas finas; "Cascallo", cascajo; "Cascallo con área fina", cascajo con arena fina; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", cascajo sucio Fondos heterogéneos; "Area fangosa", arena fangosa; "Areas grosas", arenas gruesas; "Area fina", arena fina; "Areas e fondos con zosterá", arenas y fondos con zosterá; "Fango areoso", fango arenoso.

**Figure 12.-** Preferred benthic communities and sediment characteristics in grounds of the main shellfish species of commercial interest. *D. trun*, *Donax trunculus*; *S. sol.*, *Spisula solida*; *V. cor.*, *Venerupis corrugata*; *D. exo.*, *Dosinia exoleta*; *P. rho.*, *Polititapes romboides*; *C. gla.*, *Cerastoderma glaucum*; *C. edu.*, *C. edule*; *R. phi.*, *Ruditapes philippinarum*; *R. dec.*, *R. decussatus*. "Areas finas", fine sands; "Fondos de maërl", maërl beds; "Cascallo", debris; "Cascallo con área fina", Debris with fine sand; "Cascallo sucio Fondos heteroxéneos", mixed debris heterogeneous beds; "Area fangosa", silty sand; "Areas grosas", coarse sand; "Area fina", fine sand; "Areas e fondos con zosterá", sandy and silty zosterá beds; "Fango areoso", sandy mud; "Fangos negros fluídos", fluid black mud; "Fangos verdes compactos", compact green mud.

---

### 3. O MARISQUEO E O MEDIO

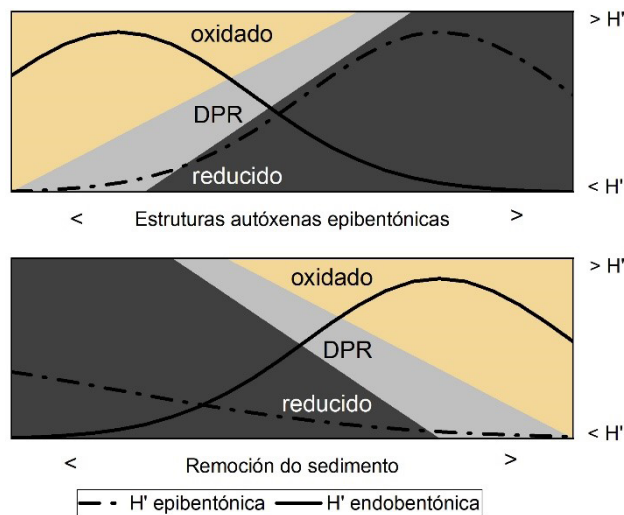
#### 3.1. O marisqueo artesanal non mecanizado como actividade conformadora de hábitat.

##### 3.1.1. ORGANISMOS CONFORMADORES DE HÁBITAT.

*Os organismos conformadores de hábitat son organismos que modulan directamente a dispoñibilidade de recursos para outras especies, provocando cambios físicos nos materiais bióticos ou abióticos. Os conformadores de hábitats autóxenos modifican o medio a través das súas propias estruturas físicas. Os conformadores de hábitats alóxenos cambian o medio ao transformaren materiais vivos ou non vivos dun estado físico a outro, por medios mecánicos ou doutro tipo (Jones et al., 1994).*

Os organismos bentónicos escavadores como *Arenicola marina* (L. 1758); *Callianassa underground* (Montagu, 1808), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), ou *Lanice conchilega* (Pallas, 1766), entre outras, favorecen a descomposición da materia orgánica e a resuspensión de sedimentos finos, de xeito que melloran a osixenación do sedimento e dificultan a acumulación de lamas nos sedimentos areosos (Jones et al., 1994; Diaz et al., 1994). Volkenborn et al. (2007) determinaron que a remoción do substrato realizada por *A. marina* evita que boa parte da superficie intermareal areosa do mar de Wadden se transforme en sedimentos lamacentos. Ademais de reducir a acumulación de lamas e a concentración de sulfuro de hidróxeno, tóxico para os organismos bentónicos (Volkenborn et al., 2007), a remoción do substrato por este tipo de organismos tamén favorece a súa descompactación. Isto fai que estes organismos escavadores manteñan as características dos sedimentos areosos en condicións axeitadas para outras especies (Volkenborn et al., 2007; Wiesebron et al., 2021).

Bouma et al. (2009) desenvolveron a hipótese de exclusión epi-endo. Esta hipótese propón que os conformadores de hábitats alóxenos, que aumentan a diversidade da fauna bentónica que vive no interior do sedimento (fauna endobentónica), se contrapoñen cos conformadores de hábitats autóxenos. Estes xeran estruturas que se utilizan como refuxio ou como fonte de alimento para outras especies, de tal xeito que aumentan a diversidade das especies que viven sobre o sedimento (epibentónicas), pero favorecen a sedimentación de finos e a acumulación de materia orgánica. Así, mentres que as especies escavadoras aumentan a diversidade no interior do sedimento ou xusto por enriba del, as especies que xeran estruturas sobre o sedimento, como as formacións de mexillón sobre substrato areoso, ou os prados de *zostera*, aumentan a diversidade na capa de auga sobre o sedimento en detrimento da diversidade da fauna no seu interior (**Figura 13**). Outras especies, como *L. conchilega*, favorecen o intercambio entre a superficie do sedimento e a parte máis profunda ao mesmo tempo que a sección dos seus tubos que sobresaen do sedimento constitúe unha estrutura epibentónica. Deste xeito *L. conchilega* considérase conformadora de hábitat alóxena e autóxena ao mesmo tempo.



**Figura 13.-** Representación esquemática da hipótese de exclusión epi-endo de Bouma *et al.* (2009). A presenza de estruturas autóxenas epibentónicas de especies conformadoras de hábitat autóxenas aumenta a diversidade ( $H'$ ) da fauna epibentónica. Non obstante, favorece a acumulación de elementos finos e materia orgánica en detrimento da diversidade da fauna endobentónica ao reducir os valores do potencial redox do sedimento. Unha maior presenza de estruturas e especies conformadoras de hábitat alóxenas endobentónicas implica unha maior remoción de sedimentos. Isto favorece a oxidación da materia orgánica e promove a resuspensión de finos, de xeito que favorece a diversidade da fauna endobentónica. Modificado de Bouma *et al.* (2009).

**Figura 13.-** Representación esquemática de la hipótesis de exclusión epi-endo de Bouma *et al.* (2009). La presencia de estructuras autógenas epibentónicas de especies conformadoras de hábitat autógenas incrementa la diversidad ( $H'$ ) de la fauna epibentónica. Sin embargo, propicia la acumulación de elementos finos y materia orgánica en detrimento de la diversidad de la fauna endobentónica al reducir los valores del potencial redox del sedimento. Una mayor presencia de estructuras y especies conformadoras de hábitat alógenas endobentónicas supone una mayor remoción del sedimento. Esto favorece la oxidación de la materia orgánica y promueve la resuspensión de finos, de forma que favorece la diversidad de la fauna endobentónica. Modificado a partir de Bouma *et al.* (2009).

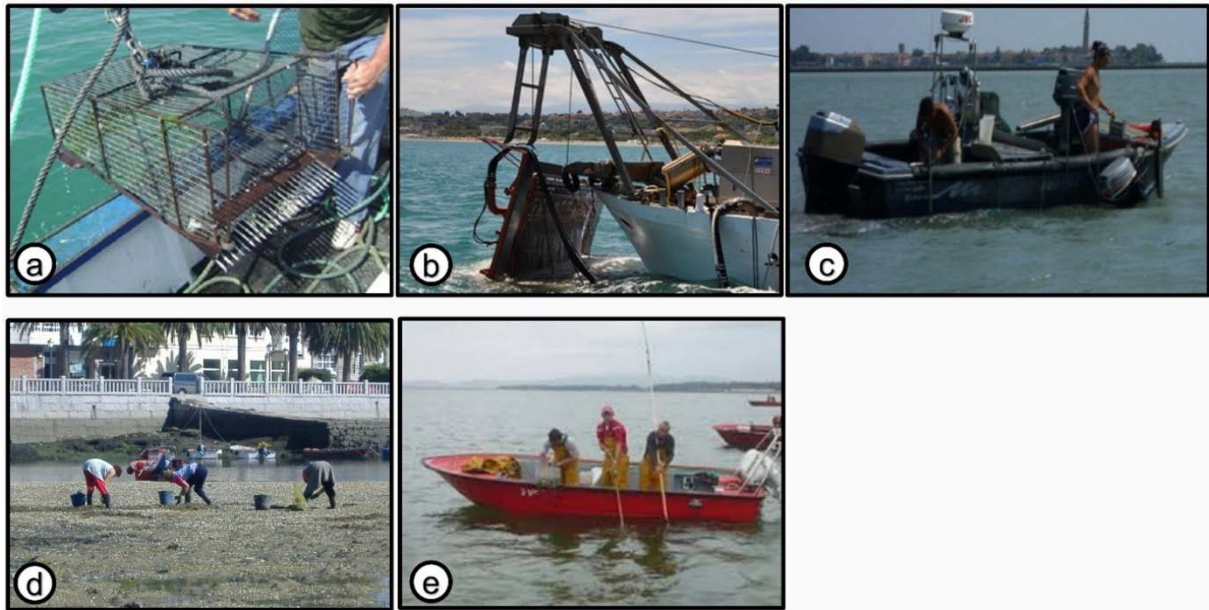
**Figure 13.-** Diagram representing the epi-endo exclusion hypothesis postulated by Bouma *et al.* (2009). The presence of epibenthic structures generated by autogenic habitat-engineering species increases diversity ( $H'$ ) of epibenthic fauna. However, it also promotes the accumulation of fine elements and organic matter to the detriment of endobenthic faunal diversity due to a reduction in the sediment's redox potential values. A greater presence of endobenthic structures and allogenic habitat-engineering species entails greater rates of sediment reworking. This promotes oxidization of organic matter and resuspension of fine elements, thus favouring diversity of endobenthic fauna. Modified from Bouma *et al.* (2009). "oxidado", oxygenated sediment; "DPR", RPD; "reducido", reduced sediment; "Estruturas autóxenas epibentónicas", autogenic epibenthic structures; "Remoción do sedimento", substrate reworking.

---

### 3.1.2. EFECTOS DA INTERRUPCIÓN DA ACTIVIDADE DO MARISQUEO ARTESANAL NON MECANIZADO SOBRE O HÁBITAT.

*Os humanos son unha especie conformadora de hábitats que emprega ferramentas. Dende o punto de vista funcional non se atopa unha diferenza fundamental entre conformadores de hábitats humanos e non humanos. (Jones et al., 1994).*

Jones *et al.* (1994) estableceron unha analoxía entre diversas actividades humanas e as especies que forman hábitats, proporcionando diferentes exemplos de obras civís. A recolección mecanizada de marisco consiste na extracción de bivalvos mediante arrastre de aparellos remolcados ou na resuspensión do sedimento mediante bombeo hidráulico (figura 14). Pola contra, a recolección artesanal do marisqueo que se realiza en Galicia utiliza ferramentas manuais, tanto a pé como dende unha embarcación, sen utilizar ningunha forza mecánica (**figura 14**). Este tipo de recolección de marisco remove o substrato ata unha profundidade non superior a 15 cm. Tal e como se recolle nos diferentes manuais de formación requirida para a obtención da licenza para desenvolver esta actividade no intermareal, o marisqueo inclúe tarefas de conservación da calidade do sedimento, como a eliminación de acumulacións de algas; maioritariamente ulváceas (**figura 15**) (Castro *et al.*, 2002). Estas tarefas de extracción manual constitúen un exemplo de actividades conformadoras de hábitat alóxenas, comparables á remoción do substrato que realizan os organismos bentónicos escavadores. Tanto a remoción superficial e manual do substrato, como a retirada de algas, favorecen a resuspensión de lodos, evitan a acumulación de materia orgánica e reducen a expansión das especies epibiontes invasivas. En definitiva, manteñen as condicións de óxido-redución do substrato e favorecen a diversidade da fauna endobentónica.



**Figura 14.-** Captura de bivalvos con artes de arrastre (a; tomado de Baeta *et al.*, 2021); arrastre con inyección hidráulica (b; tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) e con artes de resuspensión de sedimentos con inyección hidráulica (c, tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) utilizada fóra de Galicia. Captura artesanal de bivalvos con artes manuais non mecanizadas a pé (d; cedida por E. Abella) e dende embarcación (e) utilizadas en Galicia.

**Figura 14.-** Captura de bivalvos con artes de arrastre (a; tomada de Baeta *et al.*, 2021); de arrastre con inyección hidráulica (b; tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) y con artes de resuspensión de sedimentos con inyección hidráulica (c, tomada de Mascilongo *et al.*, 2021) empleados fuera de Galicia. Captura de bivalvos artesanal con artes manuales no mecanizadas a pie (d; cedida por E. Abella) y desde embarcación (e) empleadas en Galicia.

**Figure 14.-** Bivalve harvesting using trawl gears (a; taken from Baeta *et al.*, 2021), hydraulic dredging (b; taken from Mascilongo *et al.*, 2021), and hydraulic sediment resuspension devices (c; taken from Mascilongo *et al.*, 2021) used outside Galicia. Bivalve harvesting using manual, non-mechanic gears used in Galicia, both on foot (d; image courtesy of E. Abella) and from boats (e).



**Figura 15.-** Retirada de acumulacións de macroalgas depositadas nun banco marisqueiro intermareal, dentro das tarefas incluídas entre os traballos cotiáns das persoas dedicadas ao marisqueo (Fotografía cedida por E. Abella).

**Figura 15.-** Retirada de acumulaciones de macroalgas depositadas sobre un banco marisqueiro intermareal, como parte de las tareas incluídas entre los traballos habituales de las personas que se dedican al marisqueo (Fotografía cedida por E. Abella).

**Figure 15.-** Removal of macroalgal accumulations deposited on an intertidal shellfish ground as part of the tasks routinely carried out by shellfish harvesters (image courtesy of E. Abella).

---

Cando, por diferentes motivos, a actividade de recolección de marisco se suspende durante un período prolongado de tempo nalgunha zona, cesa a remoción do substrato. Se esta situación continúa no tempo, en zonas abrigadas, se produce a sedimentación de lamas e a capa DPR chega á superficie do sedimento, como consecuencia da acumulación de materia orgánica ou da mala circulación da auga intersticial. Así mesmo, cando se reduce a resposta ás acumulacións de algas, a súa descomposición conduce a unha deficiencia de osíxeno no sedimento que produce unha extensa mortalidade de especies bentónicas e unha redución do potencial redox do sedimento. Así, o cese das actividades marisqueiras favorece a tendencia á acumulación de lamas nos sedimentos e á perda de diversidade (**figura 11**).

### **3.2. Casos máis comúns de degradación do hábitat dos bancos marisqueiros.**

*A actividade dos poliquetos escavadores cambia significativamente as concentracións de amonio e fosfato no sedimento, e os perfís redox amosan que prevalecen condicións menos redutoras en presenza de organismos escavadores (Hylleberg et al., 1980).*

Cando a actividade marisqueira cesa ou se reduce, a falta de remoción do substrato produce un ascenso da capa redox, acumulación de lamas sobre substratos de gran groso ou desenvolvemento de poboacións animais ou vexetais invasivas sobre o substrato. Entre os casos máis frecuentemente observados están:

- Colmatación de cascallos con sedimentos lamacentos
- Depósito de finos sobre sedimentos grosos.
- Compactación do sedimento, aumento da fracción fina, e ascenso da capa DPR.
- Aumento da sedimentación por colonización por macroalgas invasivas
- Anoxia por acumulación de macroalgas e por colonización por mexillón.
- Aumento da poboación de depredadores asociado ao incremento das estruturas epibentónicas.

Tamén se rexistra outro tipo de alteracións, xa non como efecto do cesamento da actividade de remoción para a captura, senón como derivadas da ausencia destas persoas no medio costeiro. Ao mesmo tempo que recollen as especies obxecto da explotación marisqueira, as persoas que se dedican ao marisqueo retiran constantemente exemplares de especies alóctonas, depredadoras e invasoras, así como o lixo que atopan. Así mesmo, hai outro tipo de alteracións, como a chegada de terras, cinzas e restos vexetais que se acumulan con certa frecuencia, arrastrados polos ríos próximos tras os lumes forestais nos bosques das beiras dos bancos marisqueiros. Así, outras alteracións frecuentes son:

- Aumento da poboación de depredadores.
- Expansión de especies invasoras.
- Acumulación de lixo.
- Acumulación de terras e restos vexetais tras lumes forestais.

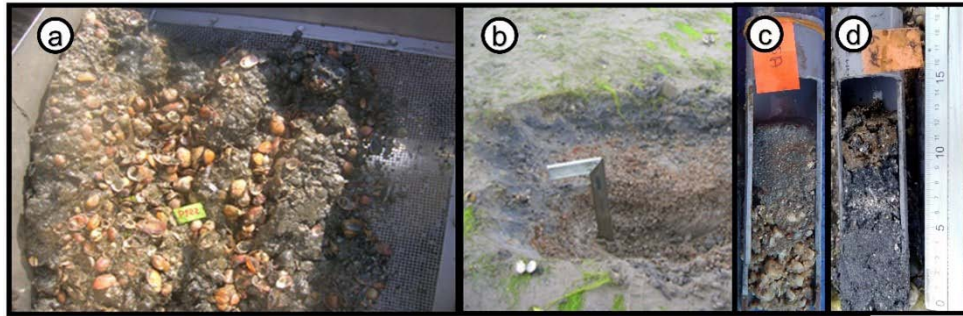
---

### 3.2.1. COLMATACIÓN DE CASCALLOS CON SEDIMENTOS LAMACENTOS E DEPÓSITO DE FINOS SOBRE SEDIMENTOS GROSOS.

A colmatación de cascallos pode ser provocada por cambios na circulación e transporte de sedimentos asociados a obras civís, como a construción de diques ou portos. Tamén se pode deber a algún tipo de vertedura de augas residuais ou ao cesamento da actividade extractiva e o conseguinte cesamento da remoción. Como consecuencia desta colmatación, se pérden os intersticios entre os fragmentos do cascallo, se limita a circulación da auga e os ocos que serven de nichos para moitas especies bentónicas, e se produce un empeoramento das condicións de oxido-redución do substrato (**figura 16**).

Pola súa banda, os depósitos de sedimentos finos poden producirse en zonas de esteiros ou próximas a verteduras de torrentes que depositan sedimentos terríxenos procedentes da erosión das abas tras un evento de choivas torrenciais vencelladas á deforestación ou movementos de terras. Cando estes depósitos se producen sobre sedimentos grosos preexistentes, dan lugar a unha substitución do substrato, con menor porosidade e, polo tanto, menor circulación intersticial, menor osixenación e, probablemente, máis compacto. Nas zonas de sedimentación estuárica pódense producir depósitos de sedimentos de diferente granulometría asociados a achegas sedimentarias de distinta orixe (**figura 16**). Ás veces, a sedimentación de materiais finos vese favorecida pola fixación de macroalgas invasivas sobre restos de cunchas ou pedras en bancos de area (**figura 17**).

Calquera destas alteracións do substrato provoca un cambio nas condicións do sedimento. O cambio de sedimentos grosos a sedimentos finos e lamacentos produce un cambio nas comunidades bentónicas que se poden asentarse nelas, cara a comunidades con menor diversidade, e menos axeitadas para a maioría das especies comerciais.



**Figura 16.-** Colmatación de cascallos con sedimentos lamacentos (a) e acumulación de sedimentos finos sobre sedimentos grosos orixinais (b – c). En determinados lugares poden producirse superposicións de capas de diferentes características debido á sedimentación de materiais de distintas fontes (d; cedida por A. Monteagudo). En calquera destes casos, os sedimentos perden calidades para albergar as comunidades anteriores, máis diversas, propias dos sedimentos grosos.

**Figura 16.-** Colmatación de cascajos con sedimentos fangosos (a) y acumulación de sedimentos finos sobre sedimentos gruesos originales (b – c). En ciertos lugares pueden producirse superposiciones de capas de diferentes características por sedimentación de materiales de diferente procedencia (d; cedida por A. Monteagudo). En cualquiera de estos casos los sedimentos pierden cualidades para albergar las comunidades previas, más diversas, propias de sedimentos gruesos.

**Figure 16.-** Debris filled up with muddy sediments (a) and deposition of fine elements on originally coarse sediments (b-c). In certain areas, layers of sediments with different characteristics may overlap due to the sedimentation of materials from different origins (d; image courtesy of A. Monteagudo). In any of these cases, sediments become less suitable for hosting their previous, more diverse communities, typical of coarse substrates.



**Figura 17.-** A fixación de macroalgas como as do xénero *Gracilaria* en cunchas e pedras nun banco areoso reduce a velocidade da corrente e favorece a sedimentación de partículas máis finas sobre sedimentos orixinais máis grosos.

**Figura 17.-** La fijación de macroalgas como las de género *Gracilaria* sobre conchas y piedras en un banco arenoso, reduce la velocidad de la corriente y favorece la sedimentación de partículas más finas sobre sedimentos originales más gruesos.

**Figure 17.-** Attachment of macroalgae, such as those in the genus *Gracilaria*, to shells and pebbles in sand beds decreases current velocity and promotes deposition of finer particles on the original, coarser sediments.

### 3.2.2. COMPACTACIÓN DO SEDIMENTO, AUMENTO DA FRACCIÓN FINA E ASCENSO DA CAPA DPR.

A compactación de sedimentos e o aumento de sedimentos finos adoitan estar relacionados co aumento da sedimentación debido ao cese da remoción do substrato ligado a interrupcións na actividade marisqueira. Estas interrupcións adoitan deberse a reducións do stock explotable por diversas causas que van desde medidas de xestión inadecuadas, como cotas ou tamaños de captura inadecuados, ata modificacións vinculadas ao cambio climático, como cambios no réxime eólico. O aumento da fracción fina nos fondos areosos adoita estar ligado ao aumento da compactación e ambos dan lugar á colmatación dos espazos intersticiais. De novo, esta perda de espazos intersticiais compromete a circulación intersticial da auga e a osixenación dos sedimentos. Todo isto provoca o aumento do contido en materia orgánica e o ascenso da capa DPR cara á superficie do sedimento (**figura 18**).



**Figura 18.-** O aumento da fracción fina nos sedimentos orixinalmente máis grosos está asociado co aumento da materia orgánica e o ascenso da capa DPR ata a superficie (a – c). Este proceso ocorre tanto en area fina como en sedimentos de gravas ou seixos (d - e).

**Figura 18.-** El incremento de la fracción fina en sedimentos originalmente máis grosos se asocia con el aumento de la materia orgánica y el ascenso de la capa DPR hasta la superficie (a – c). Este proceso se da tanto en sedimentos de arena fina como de gravas o cantos (d - e).

**Figure 18.-** Increased fine fractions in originally coarser sediments are associated with increased organic matter and with the elevation of the RPD layer towards the sediment surface (a - c). This process takes place both in fine sands and in areas with gravel and pebbles (d - e).

---

### 3.2.3. ANOXIA POR ACUMULACIÓN DE ALGAS E POR COLONIZACIÓN DE MEXILLÓN.

As acumulacións de algas, especialmente as que se producen de forma explosiva como as ulváceas, provocan unha forte demanda de osíxeno e, polo tanto, a mortalidade de boa parte da fauna bentónica, especialmente os bivalvos, e o ascenso da capa DPR no sedimento. Estas acumulacións tenden a ser recorrentes en determinadas zonas do litoral e a súa frecuencia está relacionada co aumento da temperatura e a eutrofización das augas (**figura 19**).

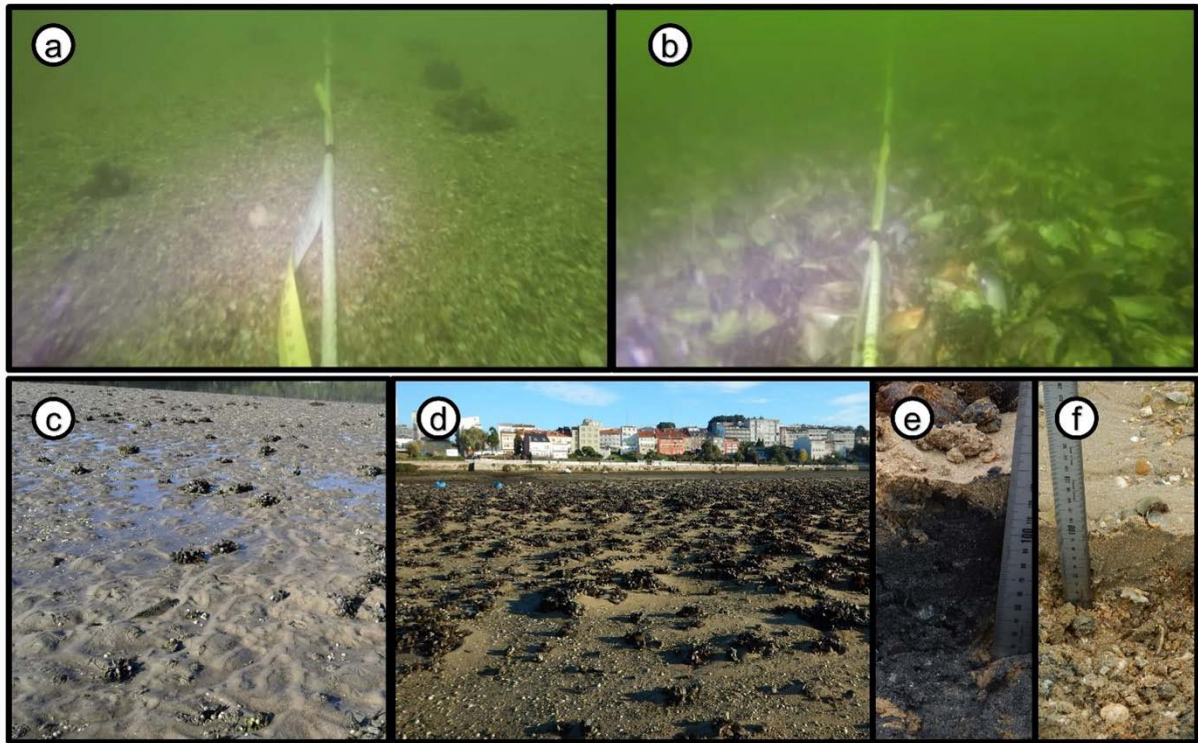
Nos bancos marisqueiros que non se explotan durante longos períodos por diversos motivos, pode producirse a colonización por bivalvos epibiontes como o mexillón. Ao comezo da colonización, estes organismos actúan como competidores polo alimento con bivalvos de interese comercial e facilitan a acumulación de sedimentos finos. Unha vez desenvolvidas, as colonias destes organismos promoven un aumento da diversidade de organismos epibiontes asociados ás súas propias formacións. Non obstante, como exemplo da hipótese de exclusión epi-endo, producen unha diminución da corrente en contacto co sedimento e a acumulación de sedimentos finos. Como consecuencia, provocan a acumulación de lamas e materia orgánica, a redución do potencial redox do sedimento (**figura 20**) e, polo tanto, a transformación da biocenose cara a comunidades moi empobrecidas e cunha marcada diminución da diversidade (**figura 11**).



**Figura 19.-** Crecemento explosivo e acumulacións de macroalgas do xénero *Ulva* no infralitoral (a) e no intermareal (b; cedida por E. Abella). Mortalidade dos bivalvos tras a acumulación de macroalgas.

**Figura 19.-** Crecimiento explosivo y acumulaciones de macroalgas del género *Ulva* en el infralitoral (a) y en el intermareal (b; cedida por E. Abella). Mortalidad de bivalvos tras la acumulación de macroalgas.

**Figure 19.-** Blooms and accumulations of seaweeds in the genus *Ulva* at the subtidal (a) and intertidal levels (b; image courtesy of E. Abella). Bivalve mortality after seaweed accumulation.



**Figura 20.-** Banco marisqueiro infralitoral con fondos de cascallo (a) e o mesmo banco cuberto de colonias de mexillón (b). Banco intermareal con incipiente colonización por mexillón despois dun ano sen ser explotado (c). Banco intermareal colonizado con mexillón tras varios anos sen actividade marisqueira (d). Perfil de sedimentos no mesmo banco marisqueiro baixo colonias de mexillón (e) e sen elas, con presenza de bivalvos comerciais (f).

**Figura 20.-** Banco marisqueiro infralitoral con fondos de cascajos (a) y el mismo banco cubierto de colonias de mejillón (b). Banco intermareal con colonización por mejillón incipiente tras un año sin ser explotado (c). Banco intermareal colonizado de mejillón tras varios años sin actividad marisquera (d). Perfil del sedimento en el mismo banco marisqueiro bajo colonias de mejillón (e) y sin ellas, con presencia de bivalvos comerciales (f).

**Figure 20.-** Subtidal shellfish ground with a debris substrate (a) and the same ground covered in mussel colonies (b). Intertidal shellfish ground with incipient mussel colonization after one year of no harvesting activity (c). Intertidal shellfish ground colonized by mussels after several years of no harvesting activity (d). Sediment profile in the same shellfish ground with mussel colonies (e) and without them, with presence of commercial bivalve species (f).

---

### 3.2.4. INCREMENTO DA POBOACIÓN DE DEPREDADORES.

Entre a fauna epibentónica asociada ao aumento da cuberta de mexillón en sedimentos brandos, están as estrelas de mar. *Asterias rubens* (L., 1758) é unha das especies máis abundantes nestes casos. Esta especie causa unha notable mortalidade nas poboacións de moluscos bivalvos. Deste xeito, a cobertura de fondos areosos pola colonización de mexillón asociada ao cese da actividade marisqueira ten un dobre prexuízo sobre estes recursos: o cambio das condicións do substrato que favorece outras comunidades bentónicas, e o aumento de depredadores como estrelas de mar (**figura 21**).



**Figura 21.-** Proliferación de estrelas de mar asociada á colonización de mexillón en fondos brandos.

**Figura 21.-** Proliferación de estrelas de mar asociadas a la colonización de mejillón sobre fondos blandos.

**Figure 21.-** Starfish proliferation associated with mussel colonization of soft substrates.

### 3.2.5. EXPANSIÓN DE ESPECIES INVASORAS.

Nas nosas costas atópanse cada vez máis especies exóticas, moitas delas invasoras. As especies alóctonas poden afectar ás comunidades bentónicas e ás especies de interese comercial actuando como depredadoras, competidoras ou modificando as características do hábitat. Nos últimos anos rexístrase a expansión da ostra rizada (*Magallana gigas* (Thunberg, 1793)) dende a costa de Lugo cara ao Sur. Na súa expansión, esta especie non só coloniza substratos rochosos, senón que tamén se asenta en substratos brandos (**figura 22**). As formacións de ostra rizada sobre substratos brandos actúan, primeiro, como competidoras polo alimento e, finalmente, alteran o substrato dun xeito similar ao das colonias de mexillón. Favorecen a diversidade do epibentos en detrimento da fauna bentónica, que se ve afectada pola acumulación de lamas e o aumento da materia orgánica (**figura 22**). Deste xeito, esta especie modifica as condicións do substrato e despraza as comunidades bentónicas correspondentes ás especies clásicas de interese comercial.



**Figura 22.-** Colonización dun banco de ameixas fina e xaponesa (a) pola ostra invasiva *Magallana gigas* (b).  
**Figura 22.-** Colonización de un banco de almejas fina y japonesa (a) por la ostra invasiva *Magallana gigas* (b).  
**Figure 22.-** Colonization of a grooved carpet shell and Manila clam shellfish ground (a) by the invasive oyster species *Magallana gigas* (b).

### 3.2.6. ACUMULACIÓN DE LIXO.

A acumulación de lixo no litoral e no fondo do mar, ademais de supoñer un risco para as persoas que traballan no marisqueo, constitúe unha fonte de contaminación e alteración do medio. Gran parte do lixo detectado é de orixe terrestre, non obstante, hai outra gran parte orixinada pola actividade humana no mar: restos de artes de pesca e elementos de acuicultura, lixo deixado polas propias persoas que acceden á costa, etc. Algúns destes elementos incluso constitúen un substrato inicial para a fixación de colonizadores do substrato, reducen a velocidade da corrente e contribúen, dun xeito ou doutro, a modificar as características do substrato (**figura 23**).



**Figura 23.-** Restos de instalacións de cultivo de bivalvos en pochóns (a) como substrato para a fixación do mexillón (b), e como elemento de retención e acumulación de algas (c) que contribúe ao enlodamento do substrato. A súa presenza tamén constitúe un risco de accidentes para as persoas que acceden ao litoral.  
**Figura 23.-** Restos de instalaciones de cultivo de bivalvos en pochones (a) como substrato de fijación de mejillones (b), y como elemento de retención y acumulación de algas (c) que contribuye al enfangamiento del substrato. Su presencia, además, constituye un riesgo de accidentes para las personas que acceden al litoral.  
**Figure 23.-** Discarded bivalve farming baskets (a) as a substrate for mussel attachment (b) and as elements that promote seaweed retention and accumulation (c) contributing to mud deposition on the substrate. Their presence is also an accident hazard for any person accessing the coast.

### 3.2.7. ACUMULACIÓN DE TERRAS E RESTOS VEXETAIS TRAS LUMES FORESTAIS.

Despois dos lumes forestais, ademais de queimarse a masa vexetal, o chan queda desprotexido da erosión. Nas primeiras choivas despois dos lumes, a auga arrastra cinzas, materia vexetal e terra cara ao mar. A chegada destes materiais ao mar aumenta a turbidez e as partículas en suspensión. Aínda que non hai moitos traballos sobre os efectos fisiolóxicos da cinza nos bivalvos mariños, coñécense os seus efectos sobre algúns compoñentes do plancto (Gutiérrez-Barral *et al.*, 2024) e sobre a acumulación de diferentes elementos químicos (Silva *et al.*, 2016). Estes materiais nas praias expostas adoitan comportarse como a acumulación de restos da arribada no supralitoral, aínda que, en ocasións, quedan atrapados no perfil sedimentario pola superposición de novos materiais (**figura 24**). Nas zonas abrigadas, a acumulación destes materiais nas desembocaduras dos ríos orixina depósitos de finos e materia orgánica que afectan ao perfil redox do sedimento e á fauna bentónica (**figura 25**).



**Figura 24.-** Cinzas, terra e restos vexetais arrastrados pola choiva ao mar (a - b). Depósitos de restos de lumes colmatando pozas no supralitoral da costa exposta (c) e aumentando a turbidez da auga (d). Restos vexetais na liña de costa exposta como restos de arribada (e). Cinza mesturada con sedimento (f).

**Figura 24.-** Cenizas, tierras y restos vegetales arrastrados por la lluvia hacia el mar (a - b). Depósitos de restos de incendios colmatando charcas en el supralitoral de costa expuesta (c) y aumentando la turbidez del agua (d). Restos vegetales en la costa expuesta como restos de arribazón (e). Cenizas mezcladas con el sedimento (f).

**Figure 24.-** Ash, dirt, and plant debris carried by runoff water into the sea (a-b). Tidal pools silted by deposited post-fire residues on the supratidal zone in an exposed coastline (c) and increased water turbidity due to their presence (d). Plant debris on an exposed coast, arranged similarly to beach-cast seaweed (e). Ash mixed with sediment (f).



**Figura 25.-** Depósitos de materia vexetal, cinzas e terras cubrindo grandes superficies nas desembocaduras dos ríos en zonas protexidas (a). Restos de materia forestal (b) terras e cinzas creando unha capa de 10 cm de espesor sobre a rede dun parque de cultivo (c).

**Figura 25.-** Depósitos de materia vegetal, cenizas y tierras abarcando grandes extensiones en las desembocaduras de ríos en zonas abrigadas (a). Restos de materia forestal (b) tierras y cenizas creando una capa de 10 cm de espesor sobre la malla de un parque de cultivo (c).

**Figure 25.-** Plant debris, dirt, and ash deposited across large areas at a river mouth in a sheltered area (a). Forest debris (b). A 10-cm-thick layer of dirt and ash deposited on a bivalve farming net (c).

## 4. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN E RESTAURACIÓN DA PRODUCTIVIDADE E DA DIVERSIDADE

### 4.1. A importancia do hábitat.

*O éxito da restauración ou mellora das poboacións require de controis das capturas, pero tamén demanda atención aos impactos humanos no hábitat. A redución da explotación da poboación que se restaura como única medida, non será eficaz se o hábitat crítico desapareceu (Caddy et al., 2003).*

O marisqueo en Galicia inclúe como actividades profesionais non só as puramente extractivas, senón tamén unha serie de traballos non extractivos. Estes traballos están relacionados, entre outros, co mantemento das condicións do hábitat, e as tarefas máis habituais consisten na eliminación rutinaria de acumulacións de algas e na regulación das densidades realizando traslados de exemplares dende as zonas de recrutamento a zonas de mellor crecemento. Todos estes traballos, extractivos ou non, están regulados por plans de xestión e son programados polas entidades asociativas do sector marisqueiro.

Ademais dos traballos programados, hai unha serie de boas prácticas que inclúen a retirada rutinaria de especies animais colonizadoras, de depredadores e do lixo que se atopan mentres se realizan estes traballos. Tamén se inclúe aquí a programación dos traballos de remoción de sedimentos modificados e de zonas propensas á acumulación de lamas. A constancia na realización destas tarefas cotiáns é fundamental para manter as condicións do hábitat e a diversidade nos bancos marisqueiros.

Así mesmo, é fundamental aplicar e cumprir as medidas de xestión axeitadas para manter as capturas dentro dos rangos de sustentabilidade do stock. O descenso das poboacións sometidas a explotación marisqueira está relacionado con diversos factores, dende variacións da produtividade primaria relacionadas co cambio climático (Parada e Molares, 2023) ata a sobrepesca e a perda de hábitat esencial. A sobrepesca e a pesca de exemplares pequenos supoñen unha diminución da capacidade reprodutiva das poboacións. O número de ovos nunha posta crece exponencialmente co tamaño

---

das femias (Brousseau, 1978). Así, García *et al.* (2007) estiman que as femias de ameixa babosa que miden 35 mm producen un 31% menos de ovos que as que miden 38 mm de lonxitude. A redución do tamaño da primeira captura ou a captura de exemplares de tamaño inferior ao establecido diminúe a capacidade reprodutiva e, polo tanto, a produtividade dos bancos marisqueiros.

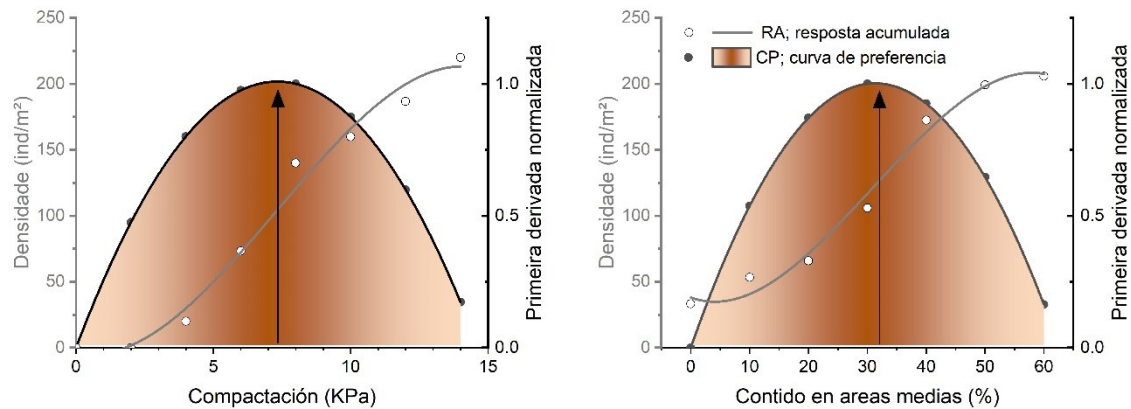
Cando a baixada da produción chega ao punto de non ofrecer un volume de stock suficiente para rendibilizar a explotación, a paralización das tarefas de marisqueo dirixidas á conservación do hábitat produce a perda do hábitat esencial, que en xeral se transforma noutro máis propio de comunidades bentónicas empobrecidas e con menor diversidade. O mesmo ocorre cando as medidas de xestión non son as axeitadas para manter as condicións do substrato. Nestes casos son necesarias actuacións para recuperar os stocks, pero tamén o hábitat. Así, as medidas de ordenación pesqueira deben ir acompañadas de medidas de protección e mantemento ou conservación do hábitat.

A maioría das especies teñen requisitos en canto ao hábitat no que desenvolven as súas poboacións (**figura 12**). O hábitat esencial defínese como as augas e o substrato necesarios para o desove, a reprodución, a alimentación ou o crecemento ata a madurez (Caddy *et al.*, 2003). As características esenciais do hábitat pódense medir mediante un índice de conformidade que establece os límites máis favorables para cada parámetro. Son moitos os parámetros que definen o hábitat esencial, pero dende o punto de vista das técnicas de restauración do hábitat non todos poden ser controlados. No caso dos organismos bentónicos en xeral e dos bivalvos de interese comercial en particular, os parámetros máis accesibles para a súa modificación ou control están relacionados coa densidade das poboacións e as características e condicións do sedimento. En xeral, os primeiros pódense regular mediante a xestión pesqueira e as boas prácticas en capturas e xestión de stocks; os segundos, máis directamente coas técnicas de conservación do substrato.

As técnicas de conservación e restauración do substrato aplícanse fundamentalmente á granulometría e outras variables derivadas dela, como o perfil redox ou a compactación. Os requisitos de cada especie respecto destas variables poden agruparse nun índice de conformidade que se obtén a partir das curvas de preferencia. Para cada variable obtense unha curva de preferencia, mediante unha función que a relaciona coa resposta da poboación, de xeito que o valor da variable estudada que se corresponde co máximo desta función reflicte o valor óptimo da variable para esa especie. Ao combinar o índice de conformidade con respecto a cada variable, pódese obter un índice de conformidade xeral dun lugar para o conxunto de variables estudadas (**figura 26**). De feito, moitas destas variables están relacionadas entre si. Así, aínda que a compactación óptima para todos os bivalvos está en torno aos 6 KPa (valor pendente de validación), existe unha relación entre a mediana granulométrica e a compactación ou resistencia á penetración dos sedimentos (Parada, 2024), do mesmo xeito que entre a moda granulométrica, o contido de materia orgánica e a profundidade da capa DPR (**táboa 1**)

#### A compactación dos sedimentos.

Os sedimentos compactos dificultan o movemento e a penetración máis profunda da fauna que vive soterrada neles. Ademais, reducen o intercambio de gases e a circulación da auga. A compactación dos sedimentos está asociada ao tamaño dos grans e ao espazo intersticial que queda entre eles. A compactación pódese medir directamente no medio intermareal mediante compactómetros manuais que miden a resistencia do sedimento á rotación de láminas de determinados tamaños, ou pola súa resistencia á penetración dunha frecha de punta cónica dende unha altura e cun certo peso. No CIMA desenvolveuse un penetrómetro lixeiro que permite medir a resistencia á penetración tanto no intermareal como no infralitoral (Parada, 2024).



**Figura 26.-** Curvas de preferencia de compactación e contido medio de area para o berberecho adulto. As curvas de preferencia pódense utilizar no diagnóstico de áreas a rexenerar para identificar variables que se desvían dos seus valores óptimos (Traballo en curso no Centro de Investigacións Mariñas CIMA; valores pendentes de validación).

**Figura 26.-** Curvas de preferencia de compactación y contenido en arenas medias para berberecho adulto. Las curvas de preferencia pueden ser utilizadas en el diagnóstico de áreas a regenerar para identificar las variables desviadas de sus valores óptimos (Trabaja en curso en el Centro de Investigacións Mariñas CIMA; valores pendentes de validación).

**Figure 26.-** Preference curves for sediment compaction and content of medium sands for adult cockles. Preference curves can be used in the diagnosis of areas in need of restoration to determine which variables deviate from their optimal values (this is an ongoing project at the CIMA; values pending validation).

## 4.2. Técnicas de restauración aplicadas no marisqueo en Galicia

*A protección é máis fácil que a restauración e os esforzos para restaurar os hábitats e as poboacións asociadas son inútiles se as perturbacións responsables da degradación continúan sen minguar (Shumway e Kraeuter, 2000).*

Os proxectos de restauración de bancos marisqueiros lévanse a cabo en moitos lugares e dende hai moito tempo. En Galicia, os traballos de Fernández Cortés *et al.* (1979) e Rodríguez Moscoso *et al.* (1987) figuran entre os primeiros publicados sobre este tema. Tamén hai abundante literatura enfocada na mellora do diagnóstico e do deseño de proxectos de restauración (Caddy *et al.*, 2003; Brumbaugh *et al.*, 2006), e as técnicas de sementeira con este obxectivo son continuamente revisadas (Villalba *et al.*, 2024). Todos estes traballos teñen en común intervencións dirixidas a aumentar o stock das especies de interese e/ou mellorar as condicións do hábitat. Estas técnicas inclúen:

- Mellora ou conservación das condicións do substrato.
- Mellora do hábitat para aumentar a fixación natural.
- Traslados de xuvenís de zonas de fixación ou de alta densidade a zonas de crecemento.
- Sementeira.
- Control de depredadores e competidores.

---

Entre estas técnicas distínguense tarefas de protección, tarefas de mellora e tarefas de restauración. As tarefas de protección buscan a redución ou a xestión axeitada dos impactos humanos, incluíndo a explotación dos recursos e os impactos sobre o medio. As operacións de mellora buscan incrementar certos servizos dos ecosistemas sobre outros, por exemplo, favorecendo a provisión de alimentos fronte a outros usos. A restauración ten como obxectivo recuperar estados do sistema anteriores ao actual. Non obstante, hai que ter en conta que labores de conservación e ferramentas de xestión e protección dos recursos, como o control do tamaño das capturas, o establecemento de vedas, a rotación das zonas de extracción, etc., son máis eficaces, económicas e máis fáciles de implementar que as técnicas de restauración.

As técnicas máis utilizadas no marisqueo en Galicia pódense reunir en cinco grupos:

- Intervencións directas sobre o substrato.
- Eliminación de depósitos de algas e restos terrestres.
- Control de competidores e depredadores.
- Retirada de lixo.
- Actuacións sobre a poboación das especies de interese.

#### 4.2.1. INTERVENCIÓNS DIRECTAS SOBRE O SUBSTRATO.

##### *Remoción do substrato*

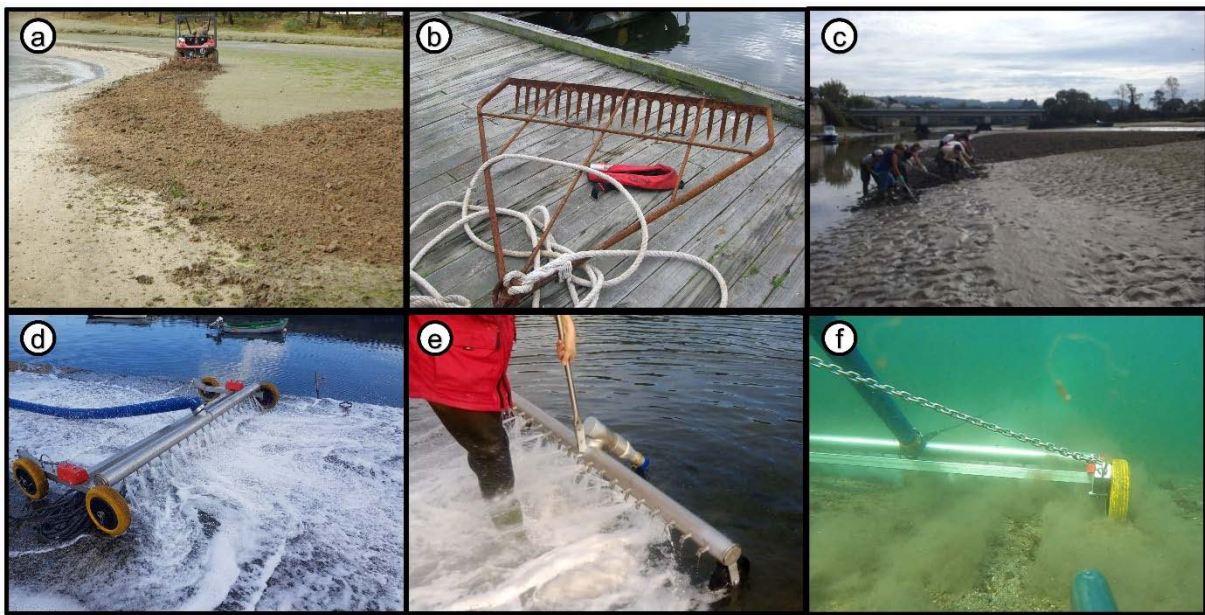
As tarefas de remoción do substrato perseguen varios obxectivos:

- Reducir a colmatación de cascallos e os depósitos de sedimentos finos
- Reverter a compactación de sedimentos, o incremento da fracción fina e o ascenso da capa DPR

Estes obxectivos redundan na mellora das condicións do substrato xa que a transición de sedimentos finos a gravas heteroxéneas favorece o asentamento de comunidades bentónicas con maior diversidade (**figura 12**).

As tarefas de remoción de substrato pódense aplicar tanto no intermareal como no infralitoral. En calquera dos dous medios pódense realizar mediante labores mecánicas ou con dispositivos de remoción hidráulica (Parada, 2023). O marisqueo en Galicia inclúe a remoción de substratos tanto mecánica como manual como tarefas non extractivas de conservación do hábitat (**figura 27**). Con calquera destes métodos obtivéronse melloras no substrato en canto ao perfil redox, aumentando a profundidade da capa DPR (**figura 28**); no tocante á granulometría do substrato, diminuíndo a fracción fina (**figura 29**); no que se refire á compactación; e con respecto á fauna bentónica, aumentando a diversidade (**táboa 3**). En todo caso, os métodos hidráulicos son menos agresivos para a fauna e menos custosos que os métodos mecánicos, xa que se poden aplicar manualmente no intermareal e cunha embarcación lixeira no infralitoral. Por outra banda, para ser

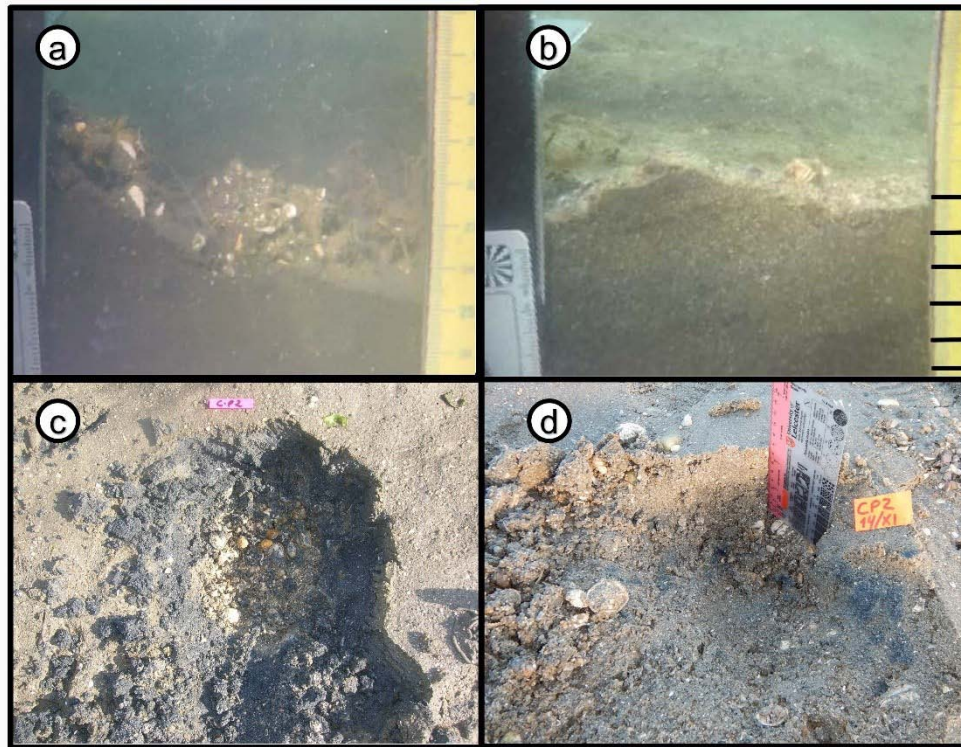
eficaces, estas técnicas deben aplicarse de xeito recorrente e constante. Tamén son aplicables en zonas de sedimentos compactos e gravas cubertas por sedimentos finos. Nestas últimas, outro obxectivo é reincorporar os cascallos á superficie do sedimento para mellorar a súa textura (**figura 30**). Por outra banda, antes de realizar as tarefas de remoción do substrato se deben eliminar as acumulacións de algas que poidan existir sobre o substrato para evitar a xeración de nódulos de sedimento reducido pola descomposición das algas que poidan resultar mesturadas co sedimento durante a remoción.



**Figura 27.-** Remoción do substrato intermareal (a) e infralitoral (b) por medios mecánicos. Remoción manual no intermareal (c). Remoción hidráulica (d), intermareal (e) e infralitoral (f).

**Figura 27.-** Remoción de substrato intermareal (a) e infralitoral (b) por medios mecánicos. Remoción manual en el intermareal (c). Remoción hidráulica (d) intermareal (e) e infralitoral (f).

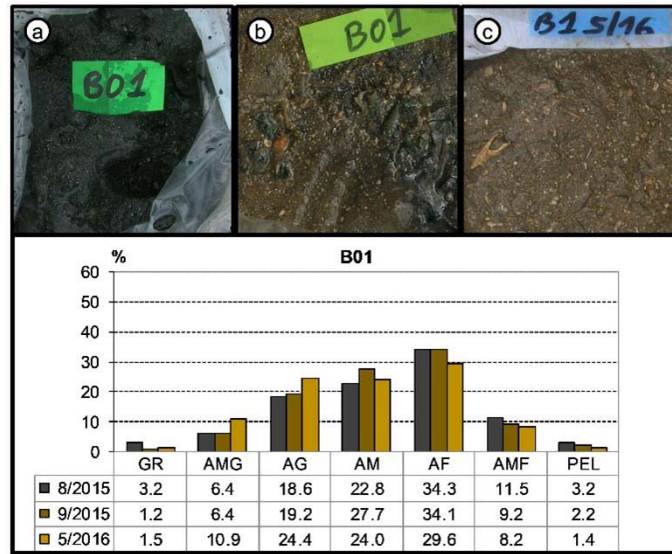
**Figure 27.-** Substrate reworking by mechanical means in the intertidal (a) and subtidal (b) zones. Manual reworking in the intertidal zone (c). Hydraulic reworking (d) in the intertidal (e) and subtidal (f) zones.



**Figura 28.-** Cambios no perfil redox tras a aplicación de tarefas de remoción de substratos. Perfil con alto contido de arcilas e capa DPR en superficie antes da aplicación de reducción hidráulica infralitoral (a). Perfil areoso coa capa DPR distorsionada en manchas e baixo a superficie despois de 12 días consecutivos de remoción hidráulica infralitoral (b). Perfil redox do sedimento nun banco marisqueiro intermareal antes da aplicación da remoción mecánica, coa capa de sedimento reducido en superficie (c). Perfil redox no mesmo sedimento despois de 5 días de remoción mecánica sen capa DPR e con manchas illadas de sedimento reducido (d).

**Figura 28.-** Cambios en el perfil redox tras la aplicación de tareas de remoción del sustrato. Perfil con alto contenido en arcillas y capa DPR en superficie antes de la aplicación de remoción hidráulica infralitoral (a). Perfil arenoso con la capa DPR distorsionada en manchas y bajo la superficie tras 12 días consecutivos de remoción hidráulica infralitoral (b). Perfil redox del sedimento en un banco marisqueiro intermareal antes de la aplicación de labrado mecánico, con la capa reducida en superficie (c). Perfil redox en el mismo sedimento tras 5 días de remoción mecánica sin capa DPR y con manchas aisladas de sedimento reducido (d).

**Figure 28.-** Changes to redox profiles after implementing substrate reworking techniques. Profile with a high clay content and RPD layer reaching the surface before implementing subtidal sediment reworking by hydraulic means (a). Sandy profile with a disturbed, patchy RPD under the surface after 12 consecutive days of subtidal sediment reworking by hydraulic means (b). Redox profile in sediments of an intertidal shellfish ground before implementing mechanical ploughing, with the reduced layer reaching the surface (c). Redox profile in the same sediment after 5 days of mechanical reworking, with no RPD layer and isolated patches of reduced sediment (d).



**Figura 29.-** Cambios na granulometría do sedimento tras 3 días de remoción en dous anos consecutivos. Aspecto do sedimento con contido importante en materia orgánica antes do rexistro (a); despois de 3 días de remoción (b) e despois de 3 días de remoción 8 meses despois (c). O contido en pelitas (PEL), area moi fina (AMF) e area fina (AF) diminuíu despois da primeira e segunda remoción (9/2015 e 5/2016) con respecto á composición antes do inicio da remoción (8/2015). Incrementouse o contido de areas medianas (AM), areas grosas (AG) e areas moi grosas (AMG). GR, contido de grava.

**Figura 29.-** Cambios en la granulometría del sedimento después de 3 días de remoción en dos años consecutivos. Aspecto del sedimento con importante contenido en materia orgánica antes de la remoción (a); tras 3 días de labrado (b) y tras 3 días de labrado 8 meses después (c). El contenido en pelitas (PEL), arenas muy finas (AMF) y arenas finas (AF) descendió tras el primer y segundo labrado (9/2015 y 5/2016) con respecto a la composición anterior al inicio de los labrados (8/2015). El contenido en arenas medias (AM), arenas gruesas (AG) y arenas muy gruesas (AMG) aumentó. GR, contenido en gravas.

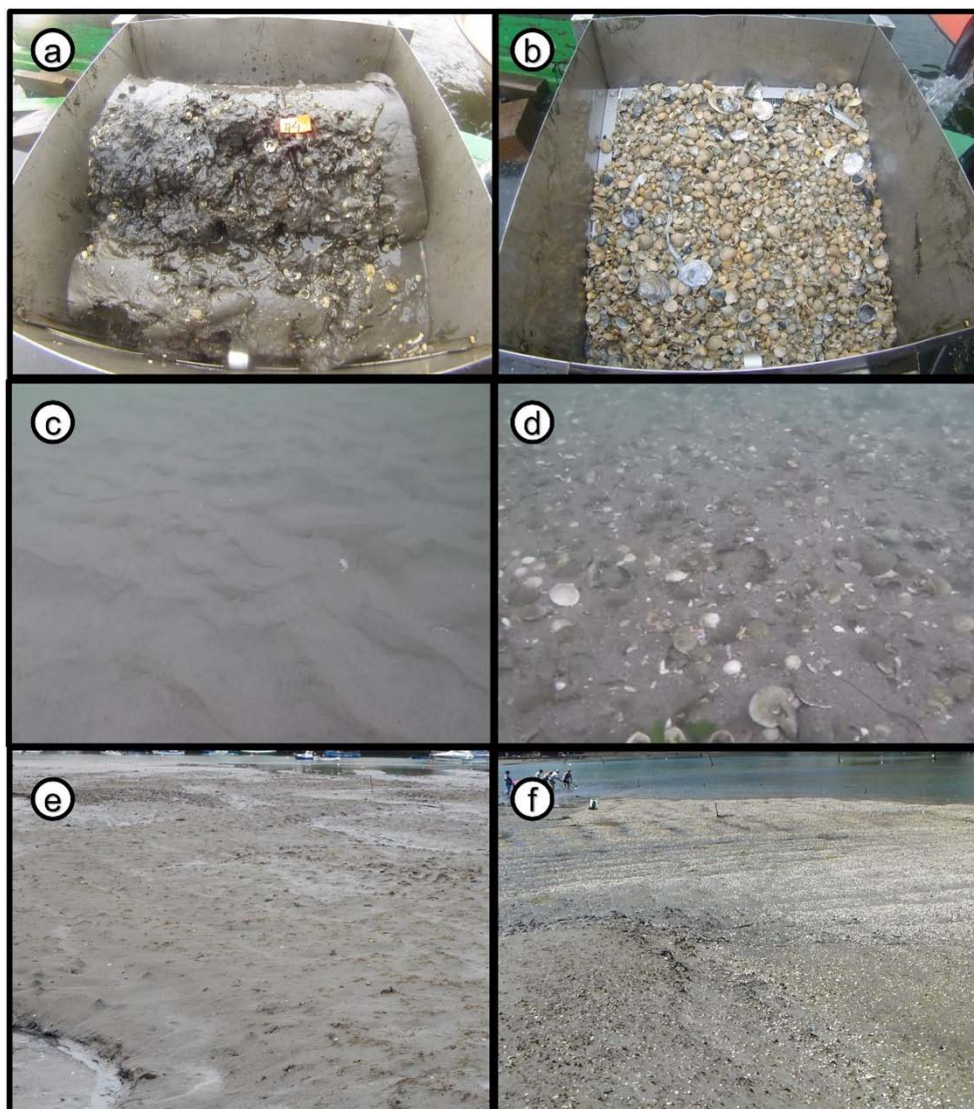
**Figure 29.-** Changes in sediment granulometry after 3 days of reworking activities in two consecutive years. Appearance of the sediment before reworking, with considerable organic content (a); after 3 days of ploughing (b), and 8 months after a 3-day ploughing campaign (c). The contents of mud (PEL), very fine sand (AMF), and fine sand (AF) decreased after ploughing for the first and second time (9/2015 and 5/2016) compared with the composition before the start of ploughing work (8/2015). Contents of medium sand (AM), coarse sand (AG), and very coarse sand (AMG) increased. GR: gravel content.

**Táboa 3.-** Compactación a 3 cm de profundidade no sedimento (KPa) e variables faunísticas da comunidade bentónica (diversidade, H' e diversidade relativa, J) nun banco marisqueiro antes de ser sometido a remoción de substrato (CP2\_16); 18 meses despois e antes dunha segunda remoción (CP2\_18) e 12 meses despois da segunda remoción (CP2\_19).

**Tabla 3.-** Compactación a 3 cm de profundidade en el sedimento (KPa) y variables faunísticas de la comunidad bentónica (diversidad, H' y diversidad relativa, J) en un banco marisqueiro antes de ser sometido a remoción del substrato (CP2\_16); 18 meses después y antes de un segundo labrado (CP2\_18) y 12 meses después del segundo labrado (CP2\_19).

**Table 3.-** Compaction at a sediment depth of 3 cm (KPa) and faunal variables of the benthic community (diversity, H', and evenness, J) in a shellfish ground before substrate reworking (CP2\_16); 18 months after the first ploughing and before the second (CP2\_18), and 12 months after the second ploughing (CP2\_19).

|                                 | CP2_16 | CP2_18 | CP2_19 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>Compactación (KPa)</b>       | 8.4    | 6.2    | 5.2    |
| <b>Diversidade (H')</b>         | 0.75   | 1.73   | 1.92   |
| <b>Diversidade relativa (J)</b> | 0.1    | 0.3    | 0.8    |



**Figura 30.-** Os cascallos colmatados coa fracción fina do sedimento (a) son visibles unha vez que se lava (b). Sedimento de cascallos infralitorais cuberto pola fracción fina antes da remoción (c) e co cascallo reincorporado á superficie despois da remoción (d). Reincorporación do cascallo á superficie do sedimento mediante remoción manual (e, f).

**Figura 30.-** Los cascajos colmatados con la fracción fina del sedimento (a) son visibilizados una vez esta es lavada (b). Sedimento de cascajos infralitorales cubiertos por la fracción fina antes de la remoción (c) y con los cascajos reincorporados a la superficie después de la remoción (d). Reincorporación de cascajos a la superficie del sedimento mediante remoción manual (e, f).

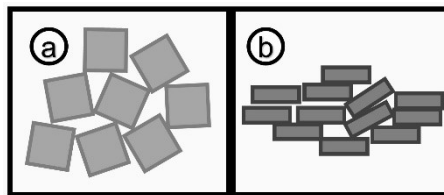
**Figure 30.-** Debris filled up with fine sediments (a) become visible once the fine fraction is washed off (b). Subtidal debris covered in fine sediments before reworking (c) and debris back up at the surface after reworking (d). Restoration of debris back to the sediment surface by manual reworking (e, f).

---

### *Emendas do substrato*

As técnicas de remoción de substratos para mellorar a granulometría só son efectivas en sedimentos areosos ou gravosos colmatados de pelitas. Nestes casos, a remoción resuspende a fracción fina e facilita o seu transporte polo hidrodinamismo para facer prevalecer no sedimento a fracción grosa preexistente, ou ben, reincorporar á superficie do sedimento os cascallos preexistentes cubertos pola fracción fina.

As emendas de substrato buscan substituír a granulometría orixinal do sedimento engadindo substratos non orixinais, como cunchas fragmentadas de ostra ou berberecho; ou grava de canteiras terrestres. O obxectivo destas técnicas é incrementar o tamaño de gran e os intersticios no sedimento para que sexa máis favorable para as comunidades propias de sedimentos heteroxéneos ou cascallos sucios. Isto fai recomendable que o tamaño de gran dos áridos engadidos estea, aproximadamente, entre 6 e 12 mm. En todo caso, debe evitarse o uso de áridos de diámetro inferior a 5 mm, xa que se obstruirán máis facilmente pola achega natural de finos, ou de cunchas de mexillón trituradas. Estes últimos, pola súa configuración laminar, non favorecen a xeración de intersticios senón a compactación do sedimento (**figura 31**).

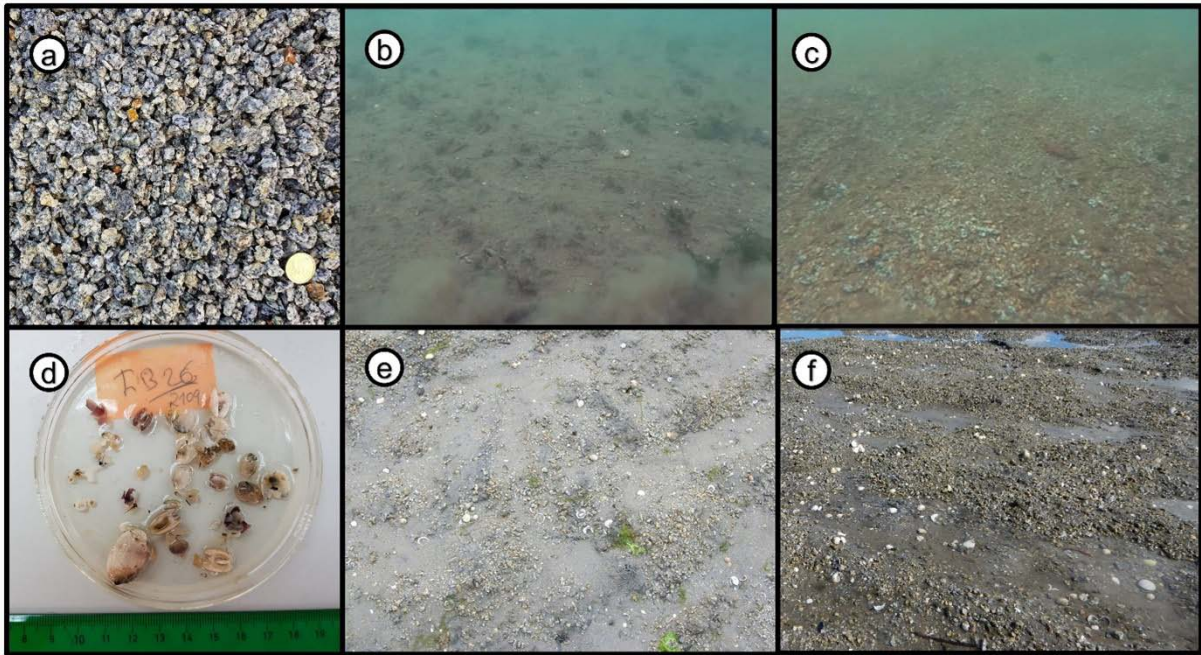


**Figura 31.-** Os áridos de 6 a 12 mm (a) xeran máis espazo intersticial que os elementos cunha estrutura laminar como as cunchas de mexillón trituradas (b).

**Figura 31.-** Los áridos de 6 a 12 mm (a) generan más espacio intersticial que elementos de estructura laminar como las valvas de mejillón trituradas (b).

**Figure 31.-** Aggregates between 6 and 12 mm (a) generate greater interstitial space than laminar elements such as ground mussel valves (b).

Estes traballos realízanse en lugares con sedimentos lamacentos, polo que teñen unha tendencia natural a acumular elementos finos. Os proxectos de restauración de substratos de bancos marisqueiros que inclúan a adición de cascallos ou grava sobre fondos lamacentos poden fracasar se non van acompañados de tarefas constantes de remoción para evitar que se colmaten ou queden cubertos por sedimentos finos (**figura 32**). Por outra banda, os traballos máis habituais deséñanse de xeito que a capa de substrato engadido teña un espesor de 20 a 30 cm e sen acadar cotas finais intermareais no caso de traballos no infralitoral.



**Figura 32.-** Áridos de 6 a 12 mm para traballos de modificación do substrato (a). Corrección da granulometría de fondos lamacentos (b) con áridos que, tras un ano dos traballos, presentaban signos de colmatación con finos (c), aínda que xa tiñan fixacións de ata 130 ind/m<sup>2</sup> de ameixa babosas (d). Áridos colmatados en sedimentos intermareais con granulometría corrixada (e) e posteriormente sometidos a remoción manual (f).

**Figura 32.-** Áridos de 6 a 12 mm para traballos de enmienda de substrato (a). Corrección de la granulometría de fondos fangosos (b) con áridos que, tras un año de los traballos mostraban signos de colmatación con finos (c), aunque ya presentaban fijaciones de hasta 130 ind/m<sup>2</sup> de almeja babosa (d). Áridos colmatados en sedimentos intermareales con granulometría corregida (e) y sometidos a remoción manual (f).

**Figure 32.-** Aggregates in the 6 to 12 mm range to be used in substrate amendment (a). Granulometry amendment in muddy bottoms (b) using aggregates, which showed signs of filling up with fine elements one year after the works (c), although recruitment rates up to 130 ind/m<sup>2</sup> of pullet carpet shell could already be observed (d). Intertidal sediments where granulometry was amended using aggregates that were filled up with fine elements (e) and subjected to manual reworking (f).

#### 4.2.2. RETIRADA DE DEPÓSITOS DE ALGAS E RESTOS TERRÍXENOS.

##### *Retirada de algas*

As acumulacións masivas de algas ulváceas deben ser retiradas canto antes para evitar que o inicio da súa descomposición provoque un aumento da demanda de osíxeno e unha diminución do perfil redox do sedimento coa conseguinte mortalidade da fauna bentónica. Aínda que estes efectos das acumulacións de algas ocorren tanto no infralitoral como no intermareal, neste último medio son máis críticos porque, ademais, adoitan coincidir con aumentos da temperatura atmosférica e da capa de auga superficial.

A eliminación de algas no intermareal realízase xeralmente por medios manuais, aínda que tamén existen desenvolvementos de sistemas mecanizados para esta tarefa. No caso de acumulacións no infralitoral adoitan eliminarse mediante elementos remolcados, aínda que existen sistemas de recollida mecanizado en desenvolvemento (**figura 33**).

Cómpre destacar que as acumulacións de algas que causan problemas no sedimento adoitan ser as correspondentes a floracións explosivas de ulvaceae, xeralmente vinculadas a procesos de eutrofización. Estas acumulacións hai que diferenciarlas das acumulacións de algas pardas que, salvo chegadas masivas despois das tormentas no outono e inverno, non adoitan provocar cambios no sedimento, xeralmente se acumulan no intermareal superior e son fonte de materia orgánica e alimento para a fauna principalmente de praias expostas (Gómez *et al.*, 2021).



**Figura 33.-** Retirada de acumulacións ulváceas mediante arrastre no infralitoral (a, b) e manualmente no intermareal (c). As algas retiradas son trasladadas a un centro de tratamento autorizado (d).

**Figura 33.-** Retirada de acumulaciones de ulváceas mediante arrastre en el infralitoral (a, b) y manualmente en el intermareal (c). Las algas retiradas son trasladadas a un centro de tratamiento autorizado (d).

**Figure 33.-** Removal of Ulvaceae wrack by trawling in the subtidal zone (a, b) and manual removal in the intertidal zone (c). Removed seaweeds are transported to an authorized waste treatment site (d).

### Retirada de depósitos de terras, cinzas e restos de lumes

Os depósitos de terra e restos dos lumes adoitan ser lavados por choivas torrenciais. Nestes casos adoitan formar capas grosas de sedimentos finos mesturados con restos vexetais. Estes depósitos prodúcense principalmente na zona intermareal preto das desembocaduras dos ríos. Á hora de retirar restos vexetais, debe evitarse o uso de maquinaria para minimizar a mestura con sedimentos, aínda que en moitos casos, as propias ondas tenden a depositar os restos vexetais na zona intermareal superior. Se a acumulación de cinzas forma unha capa ben definida, tamén é preferible eliminala por medios manuais, pero cando as cinzas se mesturan cos sedimentos, as tarefas de remoción poden resultar máis eficaces (**figura 34**).



**Figura 34.-** Retirada manual de terras e cinzas arrastradas ao mar; en primeiro plano, restos vexetais depositados polas ondas na zona intermareal superior (a; cedida por M. Pombal). Remoción mecánica das cinzas e terras mesturadas co sedimento para devolver os cascallos á superficie (b; cedida por A. Monteagudo).

**Figura 34.-** Retirada manual de tierras y cenizas arrastradas al mar; en primer plano, restos vegetales depositados por el oleaje en el intermareal superior (a; cedida por Mar Pombal). Remoción mecánica de las cenizas y tierras mezcladas con el sedimento para devolver los cascajos a la superficie (b; cedida por A. Monteagudo).

**Figure 34.-** Manual removal of dirt and ash transported to the sea; plant debris deposited on the upper intertidal zone by wave action can be seen at the foreground (a; image courtesy of Mar Pombal). Mechanical reworking of ash and dirt mixed with sediment to restore debris back to the surface (b; image courtesy of A. Monteagudo).

#### 4.2.3. CONTROL DE COMPETIDORES E DEPREDADORES.

##### Retirada de competidores

Ademais de afectar ás características do substrato e á diversidade do bentos infaunal, as colonias de mexillón e ostra rizada actúan como competidoras dos bivalvos de interese comercial. Cando se trata de colonias intermareais, a súa eliminación faise a man. Non obstante, cando se localizan no infralitoral utilízanse tanto artes de arrastre, xeralmente utilizadas na pesqueira de especies comerciais como a vieira (*Pecten spp.*), como a retirada mediante mergullo (**figura 35**). Nos bancos marisqueiros cuxa capacidade reprodutiva é activa a pesar da colonización polo mexillón, é frecuente atopar xuvenís de ameixas e exemplares de máis dun ano entre as piñas de mexillón. Nestes casos cómpre considerar a conveniencia de retirar estes exemplares para devolvelos ao mar (**figura 36**). A eliminación destas colonias supón unha rápida recuperación do perfil sedimentario (**figura 37**) e da diversidade do bentos infaunal (**táboa 4**), que consegue manterse máis de dous anos despois destes traballos.

Os prados de fanerógamas mariñas como *Zostera noltei* Hornemann, 1832 e *Zostera marina* L., 1753, son un caso especial de colonizadores de substrato. Son un hábitat incluído na Directiva de Hábitats da UE polas súas implicacións como conformadores de hábitats na mellora da diversidade do bentos epifaunal, o sustento da avifauna, a xeración de abrigo e áreas de cría ou a fixación de carbono. Polo tanto, estas áreas non se consideran competidoras senón beneficiosas para o medio ambiente. Non obstante, a súa expansión fóra da súa distribución habitual modifica as condicións ambientais e favorece a facies de *Scrobicularia plana* dentro da comunidade de *Cerastoderma edule*.

As tarefas de conservación dos bancos marisqueiros en canto aos prados de zosteria límitanse á xeorreferenciación dos seus límites espaciais para manter o seu estado xeográfico actual. A día de hoxe non está confirmada a expansión de lamas de zosteria máis aló dos límites actuais destes prados nas zonas onde se suspendeu o marisqueo.



**Figura 35.-** Retirada de colonias de mexillón sobre fondos de cascallos infralitorais mediante mergullo (a) e con artes de arrastre (b) para o seu traslado a unha planta de tratamento (c). Reversión dun banco marisqueiro intermareal ao seu estado orixinal (d, e) mediante retirada manual (f) despois de ser colonizado por mexillón.

**Figura 35.-** Retirada de colonias de mejillón sobre fondos de cascajos infralitorales mediante buceo (a) y con artes de arrastre (b) para su traslado a una planta de tratamiento (c). Reversión de un banco marisqueo intermareal a su estado original (d, e) mediante retirada manual (f) tras ser colonizado por mejillón.

**Figure 35.-** Removal of mussel colonies on subtidal debris substrates by diving (a) and by trawl gears (b) for relocation to waste treatment facilities (c). Restoration of an intertidal shellfish ground to its original state (d, e) after manual removal of mussel colonies (f).



**Figura 36.-** Sementeira de exemplares de ameixa babosa de entre 22 e 40 mm de lonxitude recuperados das piñas de mexillón retiradas.

**Figura 36.-** Siembra de ejemplares de almeja babosa de entre 22 y 40 mm de longitud recuperados de entre las masas de mejillón retiradas.

**Figure 36.-** Seeding pullet carpet shell individuals between 22 and 40 mm long retrieved from among removed mussel clumps.



**Figura 37.-** Cambios do perfil do sedimento cuberto por colonias de mexillón, reducido e defaunado (a); e coa capa DPR a 4 cm de profundidade aos 15 e 27 meses despois da eliminación da colonia de mexillón.

**Figura 37.-** Cambios del perfil del sedimento cubierto por colonias de mejillón, reducido y defaunado (a); y con la capa DPR a 4 cm de profundidad tras 15 y 27 meses de la retirada de la colonia de mejillón.

**Figure 37.-** Changes of a sediment profile covered in mussel colonies, reduced, and defaunated (a), and with the RPD layer at 4 cm depth of 15 and 27 months after removing the mussel colony.

**Táboa 4.-** Variables faunísticas da comunidade bentónica nunha zona sometida a retirada de mexillón. CA16, antes da retirada do mexillón; CA18, 15 meses despois da retirada do mexillón e CA19, 27 meses despois do traballo.

**Tabla 4.-** Variables faunísticas de la comunidad bentónica en un área sometida a retirada de mejillón. CA16, antes de la retirada de mejillón; CA18, 15 meses después de la retirada de mejillón y CA19, 27 meses después de los trabajos.

**Table 4.-** Faunal variables (Nº do familias, number of families; ind/m<sup>2</sup>, density; H', diversity; J, evenness) of the benthic community in an area subjected to mussel removal. CA16, before mussel removal; CA18, 15 months after mussel removal and CA19, 27 months after the works.

|                                      | CA16 | CA18 | CA19 |
|--------------------------------------|------|------|------|
| <b>Nº de familias</b>                | 0    | 11   | 10   |
| <b>Densidade (ind/m<sup>2</sup>)</b> | 0    | 480  | 625  |
| <b>Diversidade (H')</b>              |      | 2.26 | 2.84 |
| <b>Diversidade relativa (J)</b>      |      | 0.4  | 0.6  |

As colonizacións de ostras alóctonas producen o mesmo efecto sobre o sedimento e a endofauna bentónica que as colonizacións de mexillón. Nas distintas localidades polas que se está a expandir esta especie cara ao Sur desde a costa norte de Galicia, estanse a levar a cabo proxectos de retirada desta especie, non obstante, cada vez son máis as entidades asociativas do sector marisqueiro que a incorporan como obxectivo comercial nos seus plans de xestión.

#### Retirada de depredadores

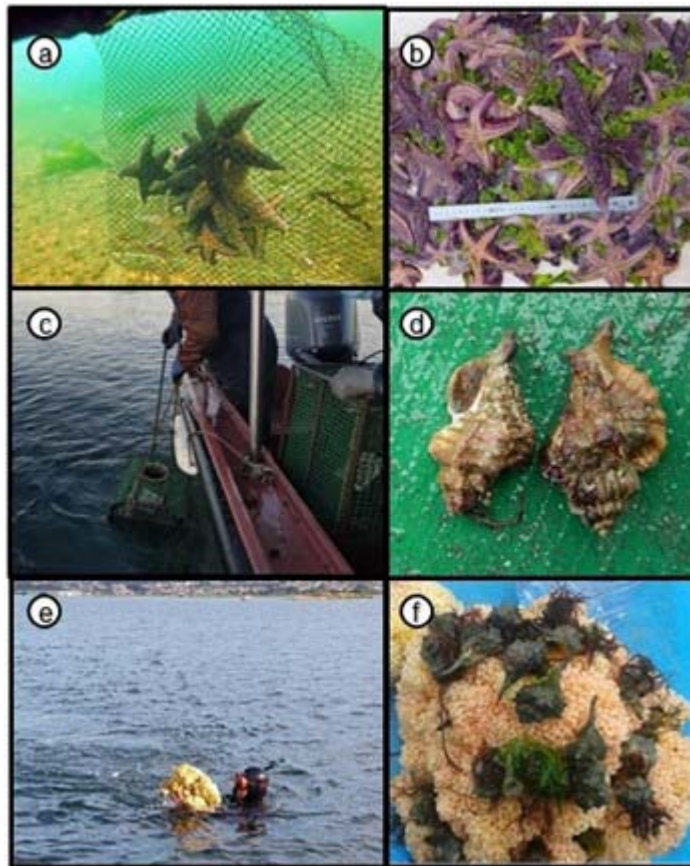
Os depredadores que adoitan ser obxecto de proxectos específicos de control da poboación son as estrelas de mar (*Marthasterias glacialis* (L., 1758) e, sobre todo, *Asterias rubens* (L., 1758)); o gasterópodo *Ocenebra erinaceus* (L., 1758); o cangrexo *Carcinus maenas* (L., 1758) e os gasterópodos alóctonos da familia Muricidae, *Bolinus brandaris* (L., 1758) e *Hexaplex trunculus* (L., 1758). As campañas de control das estrelas de mar adoitan realizarse puntualmente, cando as

---

súas poboacións aumentan de densidade, e utilizando técnicas de captura directa a través de mergullo ou artes de arrastre menores como os rastros de vieira. No caso de *O. erinaceus* e *C. maenas*, o máis habitual é utilizar nasas con cebo de xeito continuado. A distribución dos murícidos alótonos *B. brandaris* e *H. trunculus* limitase ata agora á enseada da Toxa. Neste caso realízanse campañas curtas durante a época de posta que teñen como obxectivo a eliminación das ootecas, aproveitando a súa visibilidade e localización. Nestas campañas utilízanse métodos de extracción directa mediante mergullo e recóllense tanto as ootecas como os exemplares adultos que se atopan sobre elas ou nas súas proximidades (**figura 38**). No caso das ootecas, deben colocarse en bolsas ou recipientes sen ocos de malla para evitar a súa propagación por desprendementos ou polas aves.

O traballo con técnicas de mergullo é máis efectivo cando se realiza de forma sistemática mediante transeptos xeorreferenciados. A eficacia das campañas de regulación das poboacións destas especies pódese medir pola evolución das capturas (**figura 39**). Por outra banda, é importante coñecer a fenoloxía destas especies para optimizar os esforzos e sincronizalos cos momentos de maior presenza dos individuos (**figura 40**). Para iso establécense programas de seguimento da densidade das súas poboacións mediante mostraxes periódicas con nasas ou vídeo remolcado (Parada, 2023b). No caso da eliminación de ootecas, ao ser moi curto o período de posta e maduración, son máis eficaces as campañas nas que participan moitos recolectores, xa que a recollida é máis rápida e o período de tempo previo á eclosión das ootecas é curto.

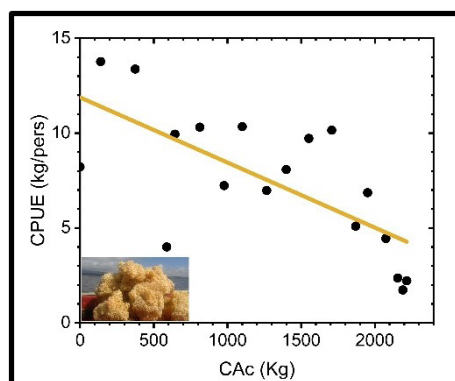
Cando se regulan as poboacións de depredadores, é importante ter en conta o seu papel nas redes tróficas. Moitos dos depredadores tamén son preeiros facultativos, polo que contribúen á eliminación de cadáveres en descomposición que poden afectar ás condicións dos sedimentos, ou a reducir a propagación de enfermidades. Estas especies non só depredan bivalvos de interese comercial, tamén constitúen parte da dieta doutros depredadores de bivalvos. É o caso das raias *Dasyatis parstinaca* (L., 1758) e *Myliobatis aquila* (Linnaeus, 1758), que inclúen na súa dieta tanto bivalvos como gasterópodos epibentónicos e cangrexos, que tamén se alimentan de bivalvos. Así mesmo, debe evitarse a retirada de especies non depredadoras como *Tritia reticulata* (L., 1758) que, sendo preeira estrita, é moitas veces confundida coa depredadora *O. erinaceus* (**figura 41**).



**Figura 38.-** A regulación da poboación de estrelas de mar adoita facerse mediante mergullo (a, b) ou con rastros de vieira; a do gasterópodo *O. erinacea* e os cangrexos con nasas (c, d) e a das ootecas dos murícidos *B. brandaris* e *H. trunculus* mediante mergullo (e, f).

**Figura 38.-** La regulación de la población de estrellas de mar se suelen hacer mediante buceo (a, b) o con rastros de vieira; la del gasterópodo *O. erinacea* y los cangrejos con nasas (c, d) y la de ootecas de los murícidos *B. brandaris* y *H. trunculus* mediante buceo (e, f).

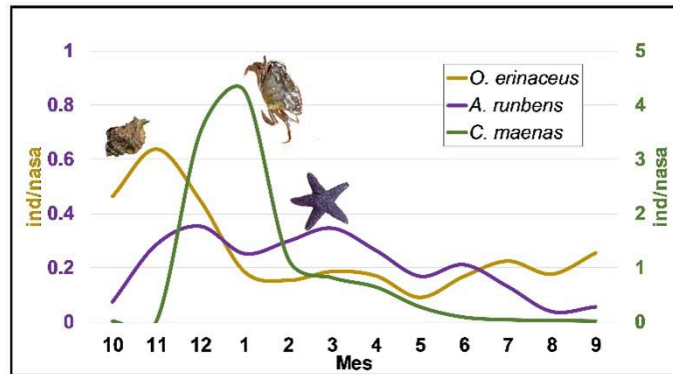
**Figure 38.-** Starfish population control is usually performed by diving (a, b) or using artisanal scallop dredges; populations of *O. erinacea* and crabs are controlled using traps (c, d), while oothecae of muricid species *B. brandaris* and *H. trunculus* are collected by divers (e, f).



**Figura 39.-** Eficacia na eliminación de ootecas. CAC, capturas acumuladas ao longo da campaña. CPUE, capturas por unidade de esforzo diario.

**Figura 39.-** Eficacia de la retirada de ootecas. CAC, capturas acumuladas a lo largo de la campaña. CPUE, capturas por unidad de esforzo diario.

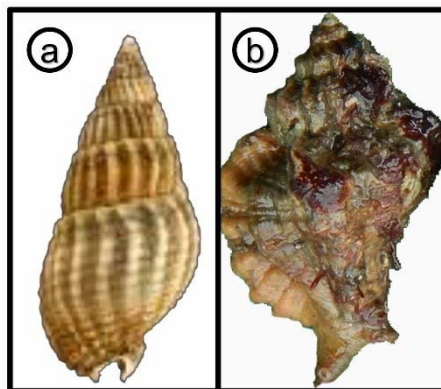
**Figure 39.-** Efficiency of oothecae removal. CAC, cumulative catches throughout the campaign. CPUE, daily catches per unit of effort.



**Figura 40.-** Evolución mensual da presenza (número de individuos/nasa) de *O. erinaceus*, *C. maenas* e *A. rubens* no seguimento de poboacións de depredadores mediante captura con nasa.

**Figura 40.-** Evolución mensual de la presencia (número de individuos/nasa) de *O. erinaceus*, *C. maenas* y *A. rubens* en el seguimento de las poblaciones de depredadores mediante la captura con nasas.

**Figure 40.-** Monthly evolution (number of individuals/trap) of *O. erinaceus*, *C. maenas*, and *A. rubens* during monitoring of predator populations using traps.



**Figura 41.-** Non se debe confundir a preeira estrita *Tritia reticulata* (a) co depredador *Ocenebra erinaceus* (b).

**Figura 41.-** No debe confundirse el carroñero estricto *Tritia reticulata* (a) co depredador *Ocenebra erinaceus* (b).

**Figure 41.-** Strict scavenger species *Tritia reticulata* (a) must not be confused with predator *Ocenebra erinaceus* (b).

#### 4.2.4. RETIRADA DE LIXO.

A retirada do lixo mariño realízase ben de xeito rutineiro durante os propios traballos extractivos, como unha das boas prácticas recomendadas no marisqueo, ben mediante campañas específicas. Estas últimas adoitan ser realizadas polas persoas que se dedican ao marisqueo ou mediante a implicación de colectivos cidadáns alleos ao sector. Os traballos realízanse tanto mediante mergullo no infralitoral como manualmente no intermareal (**figura 42**). No caso de traballos submariños, a busca do lixo e a súa retirada deben realizarse de xeito sistemático mediante transeptos ou cadrantes. Os elementos recollidos deberán ser remitidos a puntos de tratamento específico autorizados.



**Figura 42.-** Tanto os restos recollidos mediante mergullo (a) como os recollidos no intermareal (b) deberán enviarse a unha planta de tratamento autorizada.

**Figura 42.-** Tanto los restos recogidos mediante buceo (a), como los recogidos en el intermareal (b) deben ser enviados a una planta de tratamiento autorizada.

**Figure 42.-** Both the residues collected by divers (a) and those collected in the intertidal zone (b) must be transported to authorized waste treatment facilities (c).

#### 4.2.5. ACTUACIÓNS SOBRE A POBOACIÓ DA ESPECIE DE INTERESE.

##### Sementeiras e traslados

Os traballos de restauración dos bancos marisqueiros están dirixidos maioritariamente á adaptación do hábitat para aumentar a súa produción e diversidade. A incorporación de exemplares da especie obxectivo realízase unha vez recuperado o hábitat con tres obxectivos: i) acelerar o recrutamento natural, ii) favorecer a realización de labores de conservación e iii), no caso de sementeiras de exemplares de tamaño precomercial, reiniciar canto antes as tarefas de extracción para que a posterior remoción do substrato evite os problemas relacionados coa ausencia de marisqueo. Esta incorporación de exemplares pode realizarse mediante a sementeira de exemplares de criadeiras ou con exemplares trasladados doutros bancos naturais. Os traslados poden ser un obxectivo en si mesmos das técnicas de xestión dos bancos marisqueiros. Con estes traballos preténdese regular a densidade nos lugares de fixación onde poida ser excesiva e aproveitar este exceso de stock para repoboar zonas onde o recrutamento natural é escaso aínda que, quizais, o crecemento sexa óptimo.

Nas labores de sementeira hai que ter en conta unha serie de precaucións. Ademais da densidade de sementeira, que depende de diferentes factores alleos aos obxectivos deste traballo, unha das principais causas de fracaso dos proxectos de sementeira está relacionada co arrastre dos exemplares plantados por efecto das ondas ou do hidrodinamismo antes de chegar a soterrarse no sedimento. Para evitar isto, realízanse labores de remoción do substrato antes de sementar. Esta remoción facilita e acelera o soterramento dos exemplares. No intermareal, o enterramento pódese forzar removendo o sedimento con angazos ou por medios mecánicos (**figura 43**). Aínda que se poden instalar mallas horizontais para protexer os exemplares sementados, o seu uso require un mantemento exhaustivo xa que adoitan provocar a acumulación de sedimentos finos e de materia orgánica que empeoran as condicións do sedimento e poden comprometer a supervivencia dos exemplares sementados. Por outra banda, no infralitoral, a remoción adoita atraer depredadores

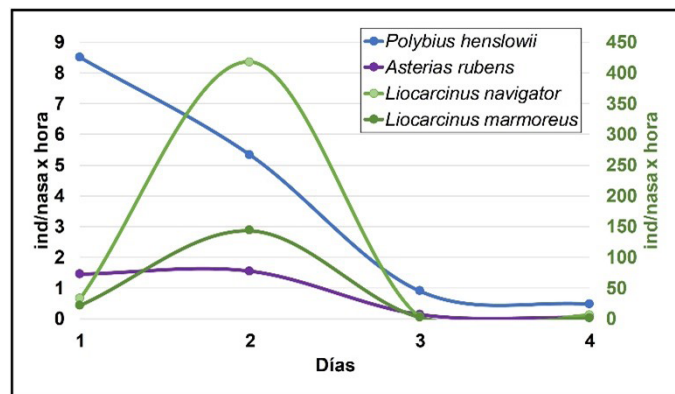
á zona de sementeira. Ante este problema, unha medida que dá bos resultados consiste en rodear con caceas de nasas, a zona removida, dende o momento da remoción e con renovación diaria ata tres ou catro días despois da sementeira (**figura 44**).



**Figura 43.-** Sementeira de berberecho de tamaño comercial nunha zona previamente labrada (a). Tempos (en minutos) que necesitaron os berberechos para enterrarse nunha zona labrada (b) e nunha zona sen labrar (c); un deles tardou máis de 10 minutos.

**Figura 43.-** Siembra de berberecho de tamaño comercial en una zona previamente labrada (a). Tiempos (en minutos) que necesitaron los berberechos para enterrarse en una zona labrada (b) y en una sin labrar (c); uno de ellos necesito más de 10 minutos.

**Figure 43.-** Seeding of commercial-sized cockles in a previously raked area (a). Time (in minutes) required by cockles to get buried in a raked area (b) an in a non-raked one (c); one individual required longer than 10 minutes.



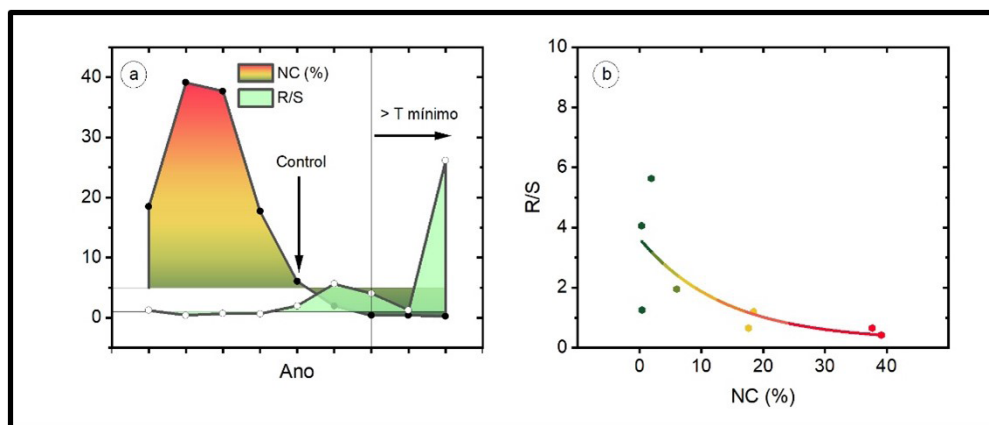
**Figura 44.-** Capturas de depredadores en nasas tras a remoción dunha zona de sementeira infralitoral. As capturas de depredadores diminúen a partir do segundo día. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *Liocarcinus marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* L., 1758.

**Figura 44.-** Capturas de depredadores en nasas tras la remoción de una zona de siembra infralitoral. Las capturas de depredadores decrecen a partir del segundo día. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *L. marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* L., 1758.

**Figure 44.-** Predator captures in traps after reworking a subtidal seeding area. Captures of predators decreased from the second day onwards. *Liocarcinus navigator* (Herbst, 1794), *Liocarcinus marmoreus* (Leach, 1814), *Polybius henslowii* Leach, 1820, *Asterias rubens* Linnaeus, 1758.

### Xestión da explotación

En moitos casos a perda de produción dun banco marisqueiro non está exclusivamente relacionada coas condicións ambientais do hábitat. Se os valores das diferentes variables encaixan dentro dos rangos dos valores óptimos das curvas de preferencia do índice de conformidade do hábitat (**Figura 26**), é probable que a perda de produción estea relacionada con algún problema na aplicación de ferramentas de xestión da explotación. Independentemente de que se poidan aplicar outras, existen tres ferramentas básicas de xestión que inflúen directamente no mantemento das poboacións baixo presión pesqueira: tamaños mínimos, topes de captura e vedas temporais. Se unha ou varias destas medidas non se aplican ou respectan correctamente, verase afectada a capacidade de autorrenovación da poboación explotada. A modo de exemplo, aínda que as causas da perda de produción son xeralmente un conxunto de variables, a captura sostida dunha alta porcentaxe de exemplares por debaixo do tamaño mínimo establecido pode reducir o potencial reprodutivo dun banco natural debido á mencionada relación entre o número e o tamaño dos reprodutores co número de ovos e, posteriormente, de recrutas na poboación (**figura 45**). Do mesmo xeito que sen un hábitat axeitado non é posible a restauración da produción e diversidade dun banco marisqueiro, tampouco o é sen un potencial reprodutivo axeitado.



**Figura 45.-** Nun banco marisqueiro sometido a seguimento de stocks e capturas, mentres que a porcentaxe de capturas por debaixo do tamaño comercial mínimo (NC (%)) foi alta, a taxa de recrutamento ou densidade de recrutas no outono en comparación coa dos reprodutores na primavera (R/ S) foi inferior a 1. Cando se estableceu un control estrito do tamaño dos exemplares capturados e se elevou o tamaño mínimo da primeira captura (> T mínimo), a taxa de recrutamento foi superior a 1 (a). Neste banco púidose demostrar unha relación significativa entre a porcentaxe de exemplares capturados por debaixo do tamaño mínimo comercial e unha menor taxa de recrutamento cando as capturas por debaixo dese tamaño se mantiveron no tempo (b).

**Figura 45.-** En un banco marisqueiro sometido a seguimento de stock y capturas mientras el porcentaje de capturas por debajo de la talla mínima comercial (NC (%)) fue elevado, la tasa de reclutamiento, o densidade de reclutas en outono respecto de la de reprodutores en primavera (R/S) fue inferior a 1. Cuando se estableció un control estricto del tamaño de los ejemplares capturados y se elevó el tamaño mínimo de primera captura (> T mínimo), la tasa de reclutamiento fue superior a 1 (a). En este banco se ha podido demostrar una relación significativa entre el porcentaje de ejemplares capturados por debajo del tamaño mínimo comercial y una menor tasa de reclutamiento cuando las capturas por debajo de esa talla se sostenían en el tiempo (b).

**Figure 45.-** In a shellfish ground subjected to stock and catch monitoring while the proportion of catches below the minimum commercial size (NC (%)) was high, the recruitment rate, or density of recruits in autumn relative to density of reproductive individuals in spring (R/S), was found to be below 1. Once a strict size control system (Control) was implemented for harvested individuals and minimum catch size (> T mínimo) was raised, recruitment rates were above 1 (a). In this ground, a significant relationship was observed between the percentage of harvested individuals below the minimum commercial size (NC(%)) and low recruitment rates (R/S) when catches of smaller individuals were sustained over time.

---

## 4.3. A perspectiva sistémica.

### 4.3.1. OS COMPOÑENTES DA PERSPECTIVA SISTÉMICA.

Aplicar unha perspectiva sistémica ao marisqueo implica abordar a súa xestión desde unha perspectiva holística. No ámbito do marisqueo en Galicia, os traballos de conservación e restauración do hábitat e da produción abórdanse dende unha perspectiva sistémica na medida en que inclúen catro aspectos:

- Promoven o uso axeitado do territorio.
- Poden contribuír á mitigación ou á adaptación ao cambio climático.
- Melloran a biodiversidade.
- Axústanse ao concepto de infraestrutura verde (azul no caso dos medios acuáticos).

Así mesmo, responden ao concepto de infraestrutura verde na medida en que:

- Promoven ou manteñen os servizos dos ecosistemas.
- Aplican restauración ecolóxica.
- Melloran a conectividade.

#### *Promoción do uso axeitado do territorio*

Estas tarefas e proxectos promoverán o uso axeitado do territorio se teñen en conta os distintos usos da zona con obxectivos económicos, recreativos, de conservación ou outros. Así, enténdese que un proxecto favorece un uso axeitado do territorio se mantén a distribución espacial de usos establecida nas últimas décadas.

#### *Contribución á mitigación ou á adaptación ao cambio climático*

Pódese considerar que as actividades de restauración de bancos marisqueiros teñen en conta as causas do cambio climático se implican aspectos como a eficiencia no consumo enerxético na execución ou obxectivos, ou se teñen en conta a fixación de carbono nos sedimentos con, por exemplo, a conservación de prados de fanerógama nos seus límites actuais.

#### *Mellora da biodiversidade*

A biodiversidade pódese definir como a variedade de todas as formas de vida, incluíndo os ecosistemas dos que forman parte. Así, inclúe tres compoñentes: diversidade xenética, diversidade específica e diversidade de ecosistemas ou, por extensión, de hábitats. As actividades de conservación e restauración do hábitat dos bancos marisqueiros mellorarán a biodiversidade se melloran algún dos seus compoñentes. Así, mellorarán a diversidade específica se promoven un aumento da riqueza específica e da equitatividade ou similaridade das especies en canto á súa

---

abundancia. Así mesmo, contribuirán á diversidade dos ecosistemas se manteñen a diversidade de hábitats existente nas últimas décadas.

### A infraestrutura azul

O concepto de infraestrutura azul correspóndese coa aplicación do concepto de infraestrutura verde aos ambientes acuáticos. Este concepto defínese como unha rede planificada estratéxicamente de áreas naturais e seminaturais de alta calidade con outros elementos ambientais, deseñada e xestionada para proporcionar unha ampla gama de servizos ecosistémicos e protexer a biodiversidade, tanto nos asentamentos rurais como urbanos (European Commission, 2013). As tarefas habituais de conservación das condicións do hábitat e os proxectos de restauración orientados a un mesmo obxectivo axustaranse ao concepto de infraestrutura azul na medida en que apliquen, manteñan ou melloren algún ou todos os compoñentes dos tres piares que a definen:

- Aplicar a restauración ecolóxica
- Mellorar a conectividade
- Favorecer ou manter os servizos ecosistémicos

#### **4.3.2. OS COMPOÑENTES DA INFRAESTRUTURA AZUL.**

##### Restauración ecolóxica

A restauración ecolóxica consiste na recuperación de ecosistemas que foron degradados, danados ou destruídos, con dúas premisas:

- A intervención debe integrar as sinerxías coa socioeconomía e coa demanda de servizos ecosistémicos.
- A intervención debe implicar aos usuarios da zona restaurada.

A implicación dos usuarios non ten por que ser a participación directa na intervención, pero si que deben estar implicados na demanda do proxecto; achegando a súa opinión sobre ela e contribuíndo a acadar os obxectivos perseguidos e a mantelos unha vez acadados.

O marisqueo, como uso tradicional, condiciona a paisaxe das rías e o substrato mariño. O aumento da presión demográfica na costa e os procesos erosivos favorece a sedimentación de lamas e a carga de materia orgánica. Como se viu, en ausencia de actividade marisqueira, altérase a sucesión espacial natural de sedimentos e comunidades bentónicas no fondo mariño. Calquera intervención nun fondo mariño, degradado por fenómenos relacionados coa sedimentación ou o aumento da materia orgánica, que teña por obxecto a restauración das súas condicións en zonas tradicionalmente utilizadas como zonas de marisqueo, non acadará resultados duradeiros se non vai acompañada da reanudación da actividade marisqueira e da remoción do substrato inherente a ela.

---

### Conectividad ecolóxica

A conectividade ecolóxica defínese como o grao en que a paisaxe facilita ou dificulta o movemento das especies a través dos fragmentos do hábitat. Por outra banda, a permeabilidade ecolóxica fai referencia á capacidade do territorio para permitir a conectividade das distintas especies de fauna e flora silvestres que o habitan. No medio mariño onde a maioría das especies presentan estadios larvais con dispersión elevada ou moderada, os proxectos de restauración ou as tarefas habituais de conservación ambiental non afectarán, en xeral, á conectividade sempre que non supoñan a fragmentación ou redución da distribución de especies cuxa presenza constitúe un hábitat en si mesmo. É o caso das fanerógamas mariñas, agregados de *Lanice conchilega* ou leitos de maërl, excluindo as zonas de nova expansión en competencia con outros hábitats preexistentes. Así, salvo nestes casos, a maioría das especies bentónicas presentan unha fase larval e constitúen metapoboacións nas que a conectividade non está estritamente ligada á continuidade física do biótopo mentres non se vexa comprometido o réxime de circulación hidrodinámica.

### Servizos ecosistémicos

Os servizos ecosistémicos agrupan as contribucións directas ou indirectas dos ecosistemas ao benestar humano. Os servizos ecosistémicos de contribución directa chámanse servizos finais, mentres que os de contribución indirecta denomínanse servizos intermedios. Clasifícanse en tres grandes grupos: servizos de provisión, servizos de regulación e mantemento e servizos culturais.

Existen moitos servizos ecosistémicos vinculados ao medio mariño costeiro. Pódese consultar unha lista completa na Comisión Internacional para a Clasificación dos Servizos Ecosistémicos (CICES) da Axencia Ambiental Europea (<http://cices.eu/>). No caso das actividades de conservación do medio e dos proxectos de restauración enmarcados na actividade marisqueira, describíronse unha serie de servizos máis relacionados con eles. Estas actividades contribuirán a manter os servizos dos ecosistemas na medida en que o fagan cun ou varios dos servizos implicados.

#### **4.3.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IMPLICADOS.**

### Servizos ecosistémicos de provisión

Inclúen as funcións do ecosistema na subministración de alimentos e outras provisións. No ámbito do marisqueo pódense concretar en dous capítulos: os servizos de nutrición, que proporcionan alimentos; e servizos de subministración de materiais, que proporcionan materiais para o seu uso non exclusivamente para a alimentación.

---

Os servizos ecosistémicos das zonas que permiten o desenvolvemento do marisqueo proporcionan alimentos a partir de:

- Algas silvestres e os seus produtos
- Animais salvaxes e os seus produtos
- Algas cultivadas *in situ* e os seus produtos
- Animais cultivados *in situ* e os seus produtos

Os servizos de subministración de materiais poderían ser relacionados, no caso do marisqueo, coa obtención de fibras e outros materiais a partir de algas ou animais para uso directo ou transformado, como materiais de uso cosmético ou para a industria farmacéutica. Tamén proporcionan materiais de uso agrícola, como fertilizantes, correctores de estruturas ou outras características do solo. Un exemplo destes casos é o abastecemento de algas para o seu uso como fertilizante agrícola procedente das tarefas de eliminación de acumulacións de ulváceas, ou o aproveitamento das cunchas descartadas nos cocedoiros.

#### *Servizos ecosistémicos de regulación e mantemento*

Estes servizos están relacionados co mantemento dos ciclos de vida, o control de pragas e enfermidades, a calidade dos sedimentos, a calidade da auga, o ciclo da materia, dos nutrientes e dos residuos a través da biota ou funcións do ecosistema, etc.

Entre os servizos relacionados co tratamento de residuos, elementos tóxicos e outras molestias, distínguese entre os obtidos a través da biota e os obtidos a través do ecosistema. O primeiro caso inclúe os servizos realizados mediante procesos de filtración, asimilación, descomposición, acumulación, metabolización, etc. por organismos vivos. As tarefas e proxectos de conservación do hábitat nos bancos marisqueiros contribúen a estes servizos na medida en que aumenten ou manteñan a diversidade específica. O segundo grupo inclúe os servizos prestados polos procesos biofísico-químicos: secuestro químico, procesos redox, insolubilización, sedimentación, precipitación, etc. polo ecosistema. Neste caso, o mantemento das calidades do hábitat e do ecosistema no que se desenvolve o marisqueo manterán estes servizos na medida en que aumenten a complexidade da estrutura sedimentaria para favorecer o asentamento de poboacións complexas e a diversidade de grupos tróficos. Os sedimentos de gran groso con espazos intersticiais favorecen a oxidación da materia orgánica.

Os servizos relacionados co tratamento de fluxos de materiais mantéñense mediante proxectos relacionados coa estabilización e control dos procesos erosivos e de sedimentación. As tarefas de conservación e restauración de hábitats do marisqueo manterán estes servizos na medida en que contribúan a diminuír a erosión ou paliar os efectos da sedimentación mediante a mobilización de sedimentos finos. Pola súa banda, os servizos relacionados co tratamento de caudais líquidos refírense ao mantemento do ciclo da auga, control de inundacións, mantemento da batimetría e

---

canles de caudal de auga doce cara ao mar, etc. A este tipo de servizos contribúen os traballos de conservación ou restauración do hábitat relacionados coa batimetría dos bancos marisqueiros e o mantemento de canles de drenaxe en zonas de esteiros.

Dentro do grupo de servizos de regulación e mantemento, inclúense os relacionados coas condicións físicas, químicas e biolóxicas do ámbito da actividade marisqueira:

- Mantemento dos ciclos de vida, hábitats e pool xenético
- Control de enfermidades e especies invasoras
- Mantemento da estrutura e condicións do sedimento

No primeiro caso, os proxectos de restauración do hábitat e os traballos de conservación cotiáns contribúen á fixación larval e ao crecemento dos organismos bentónicos, de xeito que estes servizos se ven favorecidos polo mantemento do hábitat en condicións axeitadas. Estas tarefas tamén contribúen ao control de enfermidades e da expansión das especies invasoras cando se centran no control de especies alóctonas e manteñen as especies preeiras estritas no medio. Así mesmo, a maior parte das tarefas de conservación do hábitat e dos proxectos de restauración de bancos marisqueiros teñen como obxectivo recuperar ou manter as condicións bioquímicas do sedimento: granulometría, perfil redox, estrutura, contido en materia orgánica, etc.

Os servizos de regulación e mantemento da calidade da auga van dende as condicións físico-químicas ata a composición atmosférica e a regulación climática. No primeiro caso, refírense aos servizos de mantemento ou regulación da composición química da auga do mar e dos sedimentos para garantir unhas condicións de vida favorables á biota. A actividade marisqueira depende directamente da calidade da auga, polo que require vixilancia nas intervencións nos vertidos e as características do sedimento e da auga. Por outra banda, proxectos de conservación e tarefas relacionadas coa eliminación de materia orgánica, como a eliminación de acumulacións de algas ou a mobilización de lamas sedimentadas, contribúen a manter este servizo na medida en que regulan a emisión de gases de efecto invernadoiro.

### *Servizos ecosistémicos culturais*

Estes servizos ecosistémicos están relacionados coa idiosincrasia da poboación, o emprego e os símbolos. Inclúen interaccións físicas e intelectuais coa biota, os ecosistemas, a paisaxe e o medio ambiente. Este capítulo recolle, por unha banda, as interaccións coas plantas, os animais e a paisaxe, incluídas en proxectos que se centran na percepción e interpretación ambiental do medio; e por outra, o uso científico, educativo, tradicional e cultural. Estes servizos están especialmente implicados en proxectos de restauración ou outras actividades, que inclúen o seguimento dos resultados das tarefas e a colaboración en estudos científicos ou a implicación da sociedade civil allea ao marisqueo. Neste capítulo tamén se enmarcan as interaccións simbólicas, espirituais ou non, coa biota e os ecosistemas. Estes servizos son prestados polas tarefas cotiáns e os proxectos de restauración que promoven o marisqueo como símbolo da cultura e da economía do litoral galego, sen prexuízo doutras actividades previas na zona.

---

## 5. INTRODUCCIÓN

La actividad marisquera en Galicia se regula mediante planes de gestión que se redactan con vigencia trianual para cada uno de los recursos de cada entidad asociativa del sector. En estos planes se incluyen, entre otras cosas, la gestión de la explotación de los recursos en cuanto a la organización de los trabajos: cuotas, vedas temporales o espaciales, tamaños mínimos de extracción, etc. Los planes también contienen la organización de los trabajos no extractivos. Estos hacen referencia a trabajos de conservación de las condiciones de las poblaciones explotadas (traslados, siembras, etc.) y de las condiciones del hábitat, tanto en lo que se refiere a las condiciones del sustrato, como a especies competidoras, depredadores, limpiezas de algas, basura marina, etc. Estos trabajos de conservación se realizan de forma rutinaria y tienen los mismo fundamentos científicos y técnicos que los que se realizan de forma extraordinaria, con el objetivo de restaurar la producción y el hábitat en bancos marisqueros que, por diferentes motivos, han perdido su productividad.

Los primeros trabajos en sustratos blandos en Galicia desde una perspectiva de las comunidades bentónicas fueron iniciados por Mora (1980) en la Universidad de Santiago de Compostela. En el ámbito del marisqueo se ha trabajado desde finales del siglo XX, sobre todo en objetivos relacionados con la dinámica de poblaciones y la patología en el Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA) de la Xunta de Galicia y el Instituto Español de Oceanografía (Alonso *et al.*, 1985; Mejuto, 1984). Sin embargo, en pocas ocasiones se ha relacionado la explotación y gestión de los recursos marisqueros con las comunidades bentónicas desde un punto de vista ecosistémico o, cuando menos, ecológico (Planas *et al.*, 1984; Fernández, 1986). Por otra parte, desde los años 70 del siglo XX se vienen realizando en Galicia trabajos de mejora, restauración y conservación de bancos marisqueros que incluyen intervenciones sobre las características del sustrato y la gestión de las poblaciones de especies de interés comercial (Fernández Cortés *et al.*, 1979).

El presente documento muestra las relaciones entre la ecología bentónica y la explotación y gestión de los recursos marisqueros. Más concretamente, repasa las bases ecológicas que fundamentan los trabajos de conservación y restauración del hábitat de los bivalvos de interés comercial en el marisqueo desde una perspectiva sistémica. No pretende ser un estudio científico que discuta los resultados obtenidos con cada técnica de restauración, ni un documento técnico que exponga los procedimientos de diagnóstico o la metodología más apropiada en cada caso. Tampoco pretende ser una revisión exhaustiva de las técnicas de conservación y restauración de bancos marisqueros.

### Bancos marisqueros y perspectiva sistémica.

Los bancos marisqueros se pueden definir como áreas que, por sus condiciones físicas y biológicas acogen una densidad (individuos por unidad de superficie) de especies de interés comercial suficiente para sostener una explotación económicamente rentable. La densidad de población puede ser alta porque la zona es un lugar donde los juveniles de la especie de interés se fijan de forma natural una vez concluida su fase larvaria, o bien porque a ella se trasladan o se introducen, mediante "siembras", ejemplares procedentes de otros lugares o de criaderos.

La aplicación de la perspectiva sistémica en la gestión de los bancos marisqueros implica emplear un enfoque amplio y transversal que tenga en cuenta las interconexiones entre las especies explotadas y las no comerciales y el ecosistema en todo su conjunto incluyendo todos los elementos involucrados, desde los socioeconómicos y ambientales hasta los culturales.

---

### El dominio bentónico.

El dominio bentónico es la región constituida por el fondo de un ecosistema acuático. Incluye tanto el sustrato, como los organismos que viven sobre y dentro de él. El sustrato puede ser rocoso (bentos de sustratos duros) o de naturaleza arenosa o fangosa (bentos de sustratos blandos). Los organismos que viven sobre el sustrato se denominan epibentónicos y los que viven enterrados en él son endobentónicos

Tomando como punto de partida las experiencias de un amplio abanico de trabajos de restauración, este documento busca exponer los fundamentos científicos en los que se basan las técnicas de conservación y restauración más comúnmente empleados en el marisqueo en Galicia. También busca resaltar los parámetros empleados para el diagnóstico y/o el seguimiento de los resultados de su aplicación. Además, pretende resaltar la necesidad de la aplicación de estas técnicas de conservación de forma rutinaria. Por otra parte, busca demostrar su encaje, junto con el del marisqueo artesanal y no mecanizado tal y como se entiende en Galicia, dentro de la perspectiva sistémica tal y como se recoge en la Directiva Marco de la Estrategia Marina de la UE.

## 6. LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS

Una comunidad se puede definir como un grupo de organismos que conviven en un ambiente particular, presumiblemente interactuando entre sí, y con el ambiente, y que es ecológicamente diferente de otros grupos (Mills, 1969). Aunque el concepto de comunidad bentónica es anterior (Petersen, 1914), esta es una de las definiciones de comunidad más aceptadas. Siendo conscientes de que se trata más de un gradiente continuo que de entidades discretas (Gray, 1981), el uso del concepto de comunidades con fines descriptivos es de gran utilidad para comparar estudios y ambientes bentónicos, y como elementos integradores de las características del medio. De hecho, Thorson (1957) describe varias comunidades paralelas con similitudes a nivel mundial en diferentes regiones geográficas del mundo basándose en especies del mismo género presentes en cada región. La nomenclatura de estas comunidades se basa fundamentalmente en el nombre de una o dos especies, generalmente de moluscos y equinodermos, que no son obligatoriamente las más abundantes en ellas. En ocasiones, dentro de las comunidades puede darse la predominancia de alguna especie en particular sin grandes alteraciones del conjunto. En estos casos se habla de facies de una comunidad como una cierta especialización de la comunidad ante condiciones algo más específicas.

Las comunidades están muy relacionadas con las características del sedimento que, a su vez, son integradoras de diferentes variables como el hidrodinamismo y el contenido en materia orgánica. Así pues, para entender la distribución de las comunidades bentónicas es obligado comenzar por describir la sucesión de ambientes sedimentarios.

---

## 6.1. Los sedimentos.

### 6.1.1. LOS SEDIMENTOS Y EL HIDRODINAMISMO.

*La textura o el tamaño de las partículas de los sedimentos aporta una información directa del hidrodinamismo dominante en una zona (Reineck y Singh, 1980).*

Una observación cercana, pero a simple vista, de la composición de los sedimentos, da una información valiosa en cuanto a su origen. En áreas estuáricas, los sedimentos son mayoritariamente de origen terrígeno y están compuestos por fragmentos provenientes de la erosión de las rocas, mientras que en áreas más dominadas por la influencia marina su origen es organógeno y está compuesto fundamentalmente por restos de conchas y otros fragmentos de organismos marinos. Pero en la observación de los sedimentos lo primero que llama la atención es el tamaño de sus partículas. Son bien conocidas las funciones matemáticas de autores como Sundborg (1956) o Reineck (1980) (en Olalla, 1995), que relacionan los procesos de resuspensión, transporte y sedimentación con la velocidad de la corriente y el tamaño de las partículas (**figura 1**). Además, el tamaño de las partículas está íntimamente relacionado con la porosidad y la compactación del sedimento (Velde, 1996) y, por tanto, con la circulación del agua en su interior o la disponibilidad de intersticios para la fauna. De hecho, los depósitos de sedimentos dependen fundamentalmente del hidrodinamismo y del tamaño de las partículas (Gray, 1981).

Las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada presentan una configuración geográfica que permite mostrar un modelo de la heterogeneidad de la distribución espacial de sedimentos en tres tipos de ambientes costeros: una ría con un único canal orientado al hidrodinamismo oceánico del SW y una influencia importante de un aporte fluvial; una pequeña ría orientada al N con poca influencia del hidrodinamismo oceánico dominante y escasos aportes fluviales; y una ensenada sin aportes terrígenos abierta a la influencia oceánica. Tomando la distribución espacial de sedimentos en estas tres entidades geográficas es posible describir un modelo de la sucesión de ambientes sedimentarios (Parada, 2005).

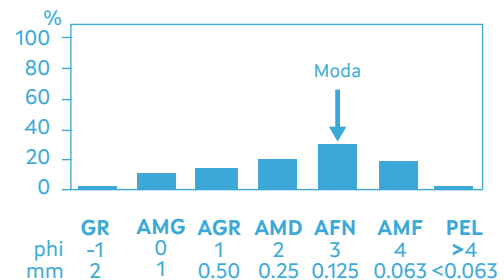
## La textura del sedimento.

La textura del sedimento hace referencia al tamaño, forma y relación de las partículas que lo componen. El tamaño de grano de las partículas del sedimento se determina mediante técnicas granulométricas. Los resultados de una granulometría no solo aportan información sobre la distribución de tamaños, sino también, entre otras cosas, sobre el tamaño predominante (moda granulométrica) o la heterogeneidad de tamaños (coeficiente de selección). El tamaño de los granos se mide normalmente en milímetros. La escala más utilizada es la escala de Wentworth (Kenny y Sotheran, 2013) y establece un tamaño inferior a 0.063 mm para las pelitas (limos y arcillas) y superior a 2 mm para las gravas. Los límites de las categorías de esta escala son progresivamente más estrechos al pasar de una categoría a otra, de modo que cambian su amplitud. Esto genera ciertas distorsiones en los análisis numéricos y en la representación gráfica de los resultados. Para evitar estos problemas se emplea la escala phi ( $\Phi$ ). Esta escala transforma las unidades de mm a unidades logarítmicas ( $-\log_2(\text{mm})$ ), de modo que todas las categorías adquieren la misma amplitud. En la escala phi a las pelitas les corresponde un valor de 4 y a las gravas -2.

### Escala de Wentworth

| Clase textural           | Escala mm     | Escala $\Phi$ |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Gravas (GR)              | > 2           | -2            |
| Arenas muy gruesas (AMG) | 2 - 1         | -1 - 0        |
| Arenas gruesas (AG)      | 1 - 0.5       | 0 - 1         |
| Arenas medias (AM)       | 0.5 - 0.25    | 1 - 2         |
| Arenas finas (AF)        | 0.25 - 0.125  | 2 - 3         |
| Arenas muy finas (AMF)   | 0.125 - 0.062 | 3 - 4         |
| Pelitas (PEL)            | < 0.062       | 4             |

La composición granulométrica se muestra en términos de porcentaje en peso de cada clase textural



---

### 6.1.2. LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS.

*La forma en que el sedimento es transportado depende de la energía del flujo de agua y del tamaño de las partículas (Reineck et al., 1980).*

A lo largo del canal de una ría como la de Pontevedra, y partiendo desde el final del estuario del río que desemboca en su interior, los primeros elementos finos en sedimentar son los limos gruesos. La mayor parte de los limos finos sedimentan un poco más lejos en el canal y las arcillas, más ligeras, son la fracción fina que más lejos llega, de forma que su presencia es mayor en la cuenca de sedimentación más profunda del final de la ría (**figura 2**). Al contrario que estas fracciones finas, las arenas sedimentan en el final de la zona estuárica y en las áreas más expuestas al hidrodinamismo oceánico (**figura 2**). La sucesión de sedimentos es un reflejo de la influencia del hidrodinamismo. Atendiendo a la distribución espacial de la moda granulométrica, en la llanura de sedimentación del estuario situado en el interior de la ría se produce un gradiente sedimentario que va de las arenas muy gruesas a las arenas muy finas (Cerviño *et al.*, 1982; Alonso *et al.*, 1985; **figura 3**). Ya en el canal principal de la ría se suceden las modas de limos gruesos, limos finos y arcillas. Estas arcillas llegan hasta el exterior de la ría en una distribución gradual de la moda granulométrica que únicamente es interrumpida por el hidrodinamismo oceánico en aquellas partes de la ría más expuestas debido a su configuración geográfica o a su profundidad (**figura 3**). Así, en lugares como la ría de Aldán, con pequeños aportes fluviales y exposición moderada al océano, los sedimentos finos permanecen confinados en su interior, y la zona exterior, más expuesta, es dominada por las arenas. En estos casos se forma un gradiente de modas granulométricas cada vez más gruesas desde el interior al exterior (**figura 3**). En el caso de ensenadas abiertas directamente al océano y sin aportes terrígenos como el caso de la ensenada de A Lanzada, la distribución espacial de sedimentos constituye una sucesión de modas granulométricas semejante, pero en el rango de las arenas, sin elementos finos y predominantemente de origen organógeno (**figura 3**).

La textura del sedimento está relacionada con su contenido en materia orgánica y la difusión del oxígeno en su interior, de forma que el incremento en pelitas (limos y arcillas) y en materia orgánica del sedimento elevan la capa de discontinuidad del potencial redox (DPR) hacia la superficie de los sedimentos (Fenchel y Riedl, 1970). La moda granulométrica, el contenido en materia orgánica y la profundidad de la capa DPR están muy correlacionados (**tabla 1**). En la capa DPR el potencial redox pasa de valores de Eh positivos, que se corresponden con una buena oxigenación del sedimento, a valores negativos que indican deficiencia en la oxigenación e incremento del sulfuro de hidrógeno por exceso de materia orgánica, y el sedimento toma una coloración negra (**figura 4**). Cuanto más fino es el sedimento, mayor contenido en materia orgánica y menor profundidad de la capa DPR debido a que el oxígeno se consume en el proceso de oxidación del exceso de materia

#### El potencial redox (Eh).

La degradación microbiana de la materia orgánica consume grandes cantidades de oxígeno y genera ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S). Un gas tóxico de característico olor a "huevos podridos". La oxidación de este gas produce aún más consumo de oxígeno. Los efectos del enriquecimiento orgánico en el sedimento pueden medirse mediante el potencial redox (Eh). Valores negativos de Eh indican reducción (sedimentos anóxicos), mientras que los valores positivos se corresponden con sedimentos oxigenados (McLusky, 1990).

---

orgánica (Pearson y Stanley, 1979). De esta forma, la distribución del contenido en materia orgánica y de la profundidad de la capa de discontinuidad del potencial redox en el sedimento son paralelas a la distribución espacial de la moda (**figura 5**).

### 6.1.3. MODELO GENERAL DE SEDIMENTACIÓN.

De esta forma, es posible establecer un modelo general de sedimentación en función del origen de los sedimentos y el hidrodinamismo. En las desembocaduras de los estuarios se asientan los sedimentos de origen terrígeno más gruesos y el tamaño de grano de los sedimentos disminuye con la distancia al estuario. Al mismo tiempo que la moda granulométrica pasa de las arenas muy gruesas a los limos y arcillas, el contenido en materia orgánica se incrementa en primera instancia, para reducirse ligeramente en los sedimentos más arcillosos y más lejanos. En paralelo, el perfil redox, inicialmente con valores positivos, se va desplazando hacia valores negativos ya desde la superficie (**figura 6a**). Este modelo se ve alterado si el transcurso del transporte de sedimentos finos se ve interrumpido por otra fuente de hidrodinamismo. Es el caso del hidrodinamismo de origen oceánico del SW en la zona central de la ría de Pontevedra. En este caso, la sucesión hacia sedimentos arcillosos se transforma en sedimentos bioclásticos heterogéneos, constituidos por restos calcáreos de organismos (sedimentos biógenos) mezclados con los depósitos limosos y arcillosos para dar origen a cascajos sucios. En estas zonas los sedimentos presentan diagramas de tamaño de grano bi y trimodales, el contenido en materia orgánica es moderado y el perfil redox presenta valores positivos en los primeros centímetros. A mayor profundidad, donde el hidrodinamismo es menor, se retoma la sucesión con la acumulación de los elementos arcillosos en cuencas de sedimentación (**figura 6b**). Estos gradientes de sedimentos gruesos a finos en paralelo con el contenido en materia orgánica coinciden con la visión de las rías como un sistema de exportación de materia orgánica hacia la plataforma (Figueras y Niell, 1986) que es receptora de la misma (Rey *et al.*, 1989). En ausencia de aportes terrígenos, o cuando los aportes oceánicos dominan sobre éstos, los sedimentos pasan de las arenas gruesas organógenas, con muy escaso contenido orgánico y valores de Eh elevados y de signo positivo, a arenas medias y finas, con ligero contenido orgánico y perfiles redox que reducen sus valores en las capas más profundas, pero no siempre toman valores negativos (**figura 6c**). Este modelo descrito a partir de resultados de las rías de Pontevedra y Aldán y la ensenada de A Lanzada (Parada, 2005) también puede verse en las rías de Arousa (Mora, 1980), Vigo (Vilas *et al.*, 1995) o Ares y Betanzos (Sánchez Mata, 1996).

---

## 6.2. Comunidades bentónicas y sedimentos.

### 6.2.1. RELACIÓN DE LAS VARIABLES FAUNÍSTICAS CON LOS AMBIENTES SEDIMENTARIOS.

*La diversidad varía con la heterogeneidad del hábitat. Los sedimentos gruesos se corresponden con un alto hidrodinamismo, que implica un entorno hostil y una baja diversidad. Limos y arcillas representan un régimen hidrodinámico estable, pero estructuralmente homogéneo. Los sedimentos heterogéneos, con una gran variedad de tamaño de partículas, proporcionan una gran heterogeneidad de nichos y, por tanto, mayor diversidad (Gray, 1981).*

Las especies bentónicas están en estrecha relación con las condiciones físico-químicas del substrato que, a su vez, reflejan las condiciones ambientales del medio en relación con el hidrodinamismo. Así, la riqueza específica, la densidad y la diversidad están correlacionadas con características del substrato como la moda granulométrica, el contenido en materia orgánica o la profundidad de la capa DPR. De esta forma, los sedimentos más gruesos (menor moda medida en phi), un menor contenido en materia orgánica y una mayor profundidad de la capa DPR acogen una fauna bentónica con mayor riqueza específica, densidad y diversidad (**tabla 2**).

Por tanto, es posible integrar las variables faunísticas en el modelo general de sedimentación. En la zona de sedimentación de las arenas de los estuarios se encuentran valores medios de diversidad ( $H'$ ), en coincidencia con valores bajos de materia orgánica y de sedimentos finos. En estas zonas el estrés salino del estuario contribuye, junto con su hidrodinamismo, a disminuir la diversidad al generar un ambiente sólo apto para las especies más eurihalinas (**figura 7a**). Pero la diversidad aún se hace menor a medida que aumenta el contenido en materia orgánica y pelitas (limos y arcillas) a lo largo del canal de depósitos de los finos aportados por el estuario. Cuando el hidrodinamismo oceánico favorece la resuspensión de los sedimentos finos y aporta elementos organógenos más gruesos para constituir los sedimentos heterogéneos, se propicia el incremento de la diversidad (**figura 7b**). Pero cuando el hidrodinamismo crece demasiado y disminuye el contenido en materia orgánica, la diversidad vuelve a descender (**figura 7c**). Por fin, en la cubeta de sedimentación de las arcillas, la profundidad amortigua el efecto del oleaje y, junto con los finos, aumenta el contenido en materia orgánica de forma que la diversidad disminuye más aún (**figura 7d**).

Cuando el hidrodinamismo incide de manera frontal sobre los aportes terrígenos de una ría o de un estuario con la orientación geográfica propicia, las variables faunísticas también responden al gradiente sedimentario que se produce. La diversidad toma valores más bajos en el exterior,

#### Riqueza específica, densidad, diversidad y diversidad relativa.

Para describir, comparar y estudiar la salud de los ecosistemas se emplean variables que indican el número de especies (riqueza específica) y el número de individuos por unidad de superficie (densidad). También se utilizan índices como los de diversidad. Estos índices describen cómo se reparten los individuos entre el número total de especies. Un ecosistema en el que la gran mayoría de los individuos pertenecen a unas pocas especies es un ecosistema poco diverso, mientras que aquel en que todas las especies tienen un número semejante de ejemplares tiene una gran diversidad. Pero para un número dado de especies, el reparto de individuos es limitado. La diversidad relativa alcanza su valor máximo (1) cuando el reparto de los individuos entre las especies existentes en un ecosistema es el máximo posible.

---

donde el hidrodinamismo es una fuente de estrés sólo soportado por algunas especies (**figura 8a**). Lo mismo ocurre en los sedimentos del interior más abrigado, pero en esta ocasión, la fuente de estrés es el contenido en materia orgánica y elementos finos en valores que no todas las especies toleran (**figura 8b**). Los valores más altos de diversidad se dan en donde el balance entre estas dos fuentes de estrés es tolerado por un mayor número de especies (**figura 8c**).

En el caso de ensenadas abiertas y expuestas directamente al oleaje oceánico, este es el principal factor que influye sobre las características del sedimento y las variables ambientales. En estas situaciones, los valores de diversidad y riqueza específica son más bajos en la zona más somera de la ensenada, donde pocas especies son capaces de resistir las condiciones de la playa expuesta (**figura 9a**). La riqueza específica y la diversidad se incrementan en la zona más profunda, donde el efecto del oleaje es menor y la granulometría más gruesa (**figura 9b**).

### 6.2.2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.

*Hay una evidente conexión entre la composición faunística de una población animal y el sedimento en el que vive (Thorson, 1957).*

La presencia de sedimentos arenosos implica un hidrodinamismo que, normalmente, es mayor en zonas someras. En ellos suele haber más disponibilidad de alimento para diferentes grupos tróficos. En las zonas fangosas existe un menor hidrodinamismo, el alimento está disponible para una menor variedad de grupos tróficos y las condiciones físico-químicas del sedimento son muy restrictivas. El modelo general de sedimentación muestra una gran variedad de ambientes sedimentarios que limitan o favorecen diferentes grupos de animales que pueden asociarse en comunidades. Aunque las comunidades no son discretas, la agrupación de la fauna bentónica en este tipo de asociaciones permite categorizar y comparar los diferentes ambientes sedimentarios. A la sucesión de sedimentos descrita en el modelo general de sedimentación se le pueden superponer las comunidades faunísticas asociadas y más frecuentes en las rías (**figura 10**).

En la sucesión de arenas terrígenas desde las gruesas a las finas, en los depósitos asociados a los aportes fluviales, se asienta la comunidad de *Cerastoderma edule*. Esta comunidad se caracteriza por la presencia de especies como *Cerastoderma edule* (L., 1758); *Arenicola marina* (L., 1758) o *Peringia ulvae* (Pennant, 1777). Hacia los bordes costeros, en las zonas abrigadas, el incremento de materia orgánica y finos favorece la presencia de los fangos de zostera en los que se desarrolla la facies de *Scrobicularia plana* de esta comunidad. A medida que disminuye el hidrodinamismo de los aportes fluviales y se incrementa la profundidad, el sedimento se hace más fino, dominan los limos gruesos y finos y aumenta su contenido en materia orgánica. En estos fondos, la comunidad de *Cerastoderma edule* es substituida por la comunidad de *Abra alba*. Cuando los limos dominan de forma absoluta, los sedimentos son colonizados por muy pocas especies resistentes a estos fangos negros fluidos muy anóxicos. En ellos domina la facies de *Spiochaetopterus costarum* de la comunidad de *Abra alba*, caracterizada por una muy baja riqueza específica y especies como *Spiochaetopterus costarum* (Claparède, 1869); *Ringicula auriculata* (Ménard de la Groye, 1811) o *Virgularia mirabilis* (Müller, 1776), entre otras. Más allá de los fangos limosos, en las cubetas de

---

sedimentación profundas, se asientan los fangos arcillosos compactos con un característico tono verdoso. En estos fangos se asienta la comunidad de *Maldane glebifex* (**figura 10**).

La comunidad de *Abra alba* es propia de una serie de sedimentos muy amplia, entre las arenas fangosas y los fangos arenosos. Entre ella y la comunidad de *Cerastoderma edule* o la de fondos organógenos se disponen una serie de comunidades de transición, como la transición de la comunidad de *Abra alba* a la de *Tellina tenuis*, con especies como *Leiochone leiopygos* (Grube, 1860), *Loripes orbiculatus* Poli, 1795 o *Pusillina sarsii* (Lovén, 1846). Estas comunidades de transición son muy variadas. Así, en la ría de Arousa las facies de *Nephtys hombergii* de la comunidad de *Abra alba* es la más extendida en las arenas fangosas entre la desembocadura del Ulla y el canal de la ría (Mora, 1980). En esta facies destacan especies como *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Philine quadripartita* Ascanius, 1772 o *Photis longicaudata* (Spence Bate & Westwood, 1862) (**figura 10**).

Los fondos biógenos con cascajos sucios heterogéneos constituyen los fondos de *Eunice vittata* de la subcomunidad e *Amphiura filiformis*. Estos fondos tienen una gran riqueza específica y diversidad con una amplia representación de todos los grupos faunísticos. Destacan especies como *Hilbigneris gracilis* (Ehlers, 1868), *Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828) y gran cantidad de anfípodos y diversos antozoos. A medida que disminuye la materia orgánica, sin ganar mucha más profundidad se disponen los fondos de cascajos limpios y los fondos de maërl, donde se asienta la comunidad de *Venus fasciata*; caracterizada por la presencia de *Clausinella fasciata* (da Costa, 1778), especies del género *Spisula* (J. E. Gray, 1837) y *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas, 1774). Cuando los sedimentos pasan de cascajos a arenas más finas son más propicios para la comunidad de *Venus striatula*, con *Chamelea striatula* (da Costa, 1778), especies de los géneros *Spisula* (J. E. Gray, 1837) y *Mactra* L., 1767, y *Echinocardium cordatum* (Pennant, 1777). En fondos de arenas organógenas limpias más someros, se asienta la comunidad de *Tellina tenuis*, con *Macromangulus tenuis* (da Costa, 1778) y especies del género *Donax* L., 1758, en las zonas más expuestas (**figura 10**). De esta forma, el paso de sedimentos gruesos a sedimentos fangosos conlleva una disminución de la diversidad (**figura 11**).

### 6.2.3. LOS BIVALVOS DE INTERÉS COMERCIAL Y LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS.

*El tipo de granulometría que define un sedimento indica que especies es esperable encontrarse en él (Davis, 1925 en Thorson, 1957).*

Los bancos marisqueros constituyen agrupaciones de especies de interés comercial que, por la densidad de sus poblaciones, son capaces de sostener una explotación rentable. Al igual que el resto de las especies, las de interés comercial tienen unos requerimientos fisiológicos que hacen que se distribuyan en áreas más o menos definidas que, como las de las demás especies, se asocian con diferentes características del substrato, más allá de la exposición a la marea. Aunque las comunidades no se pueden considerar unidades discretas y las especies se distribuyen en un continuo de forma que pueden aparecer, aunque en menores densidades, en sedimentos menos propicios (Mills, 1969), las especies de interés comercial pueden ser asociadas a comunidades bentónicas. Planas *et al.* (1984) y García Fernández (1986) fueron parte de los primeros en estudiar las comunidades bentónicas en bancos marisqueros en Galicia.

---

Especies como la almeja fina (*Ruditapes decussatus* (L., 1758)), la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum* (A. Adams & Reeve, 1850)) y el berberecho (*Cerastoderma edule* (L., 1758)) se asientan en las arenas estuáricas, sobre todo intermareales de la comunidad de *Cerastoderma edule*. Un ligero enriquecimiento orgánico y algo más de profundidad favorecen los bancos de berberecho birollo (*Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789)) que, frecuentemente, coexisten con los fondos de zostera y la facies de *Scrbicularia plana* de esta comunidad (**figura 12**).

En los fondos gruesos, desde los cascajos sucios a los fondos de maërl de la comunidad de *Venus fasciata* se encuentran los bancos de almeja rubia (*Polititapes rhomboides* (Pennant, 1777)) y carneiro (*Venus verrucosa* L., 1758). A caballo entre esta comunidad y las arenas finas de la comunidad de *Venus striatula* se sitúan los bancos de reló (*Dosinia exoleta* (L., 1758)), navaja (*Ensis magnus* Schumacher, 1817) y los de cornicha (*Spisula solida* L., 1758). La almeja babosa (*Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791)) se distribuye predominantemente en las arenas de la comunidad de *Tellina tenuis* y en sus transiciones hacia las comunidades de *Cerastoderma edule* y de *Venus striatula*. En las áreas más expuestas entre la comunidad de *Tellina tenuis* y la de *Venus fasciata* se sitúan los bancos de la coquina *Donax trunculus* L. 1758 (**figura 12**).

## 7. EL MARISQUEO Y EL MEDIO

### 7.1. El marisqueo artesanal no mecanizado como actividad conformadora de hábitat.

#### 7.1.1. ORGANISMOS CONFORMADORES DE HÁBITAT.

*Los conformadores de hábitats son organismos que modulan directamente la disponibilidad de recursos para otras especies, provocando cambios físicos en los materiales bióticos o abióticos. Los conformadores de hábitat autógenos modifican el entorno a través de sus propias estructuras físicas. Los conformadores de hábitat alógenos cambian el entorno transformando materiales vivos o no vivos de un estado físico a otro, por medios mecánicos o de otro tipo. (Jones et al., 1994).*

Los organismos bentónicos excavadores como *Arenicola marina* (L. 1758); *Callianassa subterranea* (Montagu, 1808), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), o *Lanice conchilega* (Pallas, 1766), entre otros, favorecen la descomposición de la materia orgánica y la resuspensión de sedimentos finos, de forma que mejoran la oxigenación del sedimento y dificultan la acumulación de fangos en los sedimentos arenosos (Jones et al. 1994; Diaz et al., 1994). Volkenborn et al. (2007) determinaron que la remoción del substrato que realiza *A. marina* impide que gran parte de la superficie intermareal arenosa del mar de Wadden se transforme en sedimentos fangosos. Además de reducir la acumulación de fangos y la concentración de sulfuro de hidrógeno, tóxico para los organismos bentónicos (Volkenborn et al., 2007), la remoción del substrato por parte de este tipo de organismos también favorece su descompactación. Esto hace que estos organismos excavadores mantengan las características de los sedimentos arenosos en condiciones adecuadas para otras especies (Volkenborn et al., 2007; Wiesebron et al., 2021).

---

Bouma *et al.* (2009) desarrollaron la hipótesis de exclusión epi-endo. Esta hipótesis plantea que los conformadores de hábitat alógenos, que incrementan la diversidad de la fauna bentónica que vive en el interior del sedimento (fauna endobentónica), se contraponen a los conformadores de hábitat autógenos. Estos generan estructuras que son empleadas como refugio o como fuente de alimento por otras especies, de forma que incrementan la diversidad de las especies que viven sobre el sedimento (epibentónicas), pero favorecen la sedimentación de finos y la acumulación de materia orgánica. Así, mientras las especies excavadoras incrementan la diversidad en el interior del sedimento o justo sobre él, las especies que generan estructuras sobre el sedimento, como las formaciones de mejillón sobre substrato arenoso, o las praderas de zosteras, incrementan la diversidad en la capa de agua sobre el sedimento en detrimento de la diversidad de la fauna en su interior (**Figura 13**). Otras especies, como *L. conchilega*, promueve el intercambio entre la superficie del sedimento y la parte más profunda al tiempo que la sección de sus tubos que sobresale del sedimento constituye una estructura epibentónica. De esta forma *L. conchilega* es considerada conformadora de hábitat alógena y autógena al mismo tiempo.

#### 7.1.2. EFECTOS DE LA INTERRUPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL MARISQUEO ARTESANAL NO MECANIZADO SOBRE EL HÁBITAT.

*Los humanos son una especie conformadora de hábitats que usa herramientas. Desde el punto de vista funcional no se encuentra una diferencia fundamental entre conformadores de hábitats humanos y no humanos (Jones et al., 1994).*

Jones *et al.* (1994) establecieron una analogía entre varias actividades humanas y las especies conformadoras de hábitat aportando diferentes ejemplos de obra civil. El marisqueo mecanizado consiste en la extracción de bivalvos mediante el arrastre de artefactos remolcados o la resuspensión del sedimento mediante bombeo hidráulico (**figura 14**). En contraposición, el marisqueo artesanal que se ejerce en Galicia emplea herramientas manuales, tanto a pie como desde una embarcación, sin en el empleo de fuerza mecánica alguna (**figura 14**). Este tipo de marisqueo aplica una remoción del substrato hasta una profundidad de no más de 15 cm. Como recogen los diferentes manuales de la formación requerida para obtener la licencia para ejercer esta actividad en el intermareal, el marisqueo incluye tareas de conservación de la calidad del sedimento, como la retirada de acumulaciones de algas; mayoritariamente ulváceas (**figura 15**) (Castro *et al.*, 2002). Estas tareas de extracción manual constituyen un ejemplo de actividades conformadoras de hábitat alógenas, comparables a la remoción del substrato por parte de los organismos bentónicos excavadores. Tanto la remoción superficial y manual del substrato como la retirada de algas, promueven la resuspensión de fangos, evitan la acumulación de materia orgánica y reducen la expansión de especies epibiontes invasivas. En definitiva, mantienen las condiciones de óxido-reducción del substrato y promueven la diversidad de la fauna endobentónica.

Cuando, por diferentes motivos, se suspende la actividad del marisqueo durante un tiempo prolongado en alguna zona, cesa la remoción del substrato. Si esta situación se prolonga en el tiempo, en zonas abrigadas se produce sedimentación de fangos y la capa DPR llega hasta la

---

superficie del sedimento, como consecuencia de la acumulación de materia orgánica o la deficiente circulación del agua intersticial. Igualmente, cuando se reduce la respuesta ante acúmulos de algas, su descomposición propicia una deficiencia en oxígeno en el sedimento que produce una amplia mortalidad de las especies bentónicas y la reducción del potencial redox del sedimento. Así, el cese de las actividades marisqueras favorece la tendencia a la acumulación de fangos en los sedimentos y a la pérdida de diversidad (**figura 11**).

## **7.2. Casos más comunes de degradación del hábitat de los bancos marisqueros.**

*La actividad de los poliquetos excavadores cambia significativamente las concentraciones de amonio y fosfato en el sedimento, y los perfiles redox muestran que prevalecen condiciones menos reductoras en presencia de organismos excavadores (Hylleberg et al., 1980).*

Cuando cesa o se reduce la actividad marisquera, la falta de remoción del substrato produce un ascenso de la capa redox, acumulación de fangos sobre substratos de grano grueso o el desarrollo de poblaciones animales o vegetales invasivas sobre el substrato. Entre los casos más frecuentemente observados se encuentran:

- Colmatación de cascajos con sedimentos fangosos.
- Depósito de finos sobre sedimentos gruesos.
- Compactación del sedimento, aumento de la fracción fina y ascenso de la capa DPR.
- Incremento de la sedimentación por colonización por macroalgas invasivas.
- Anoxia por acumulación de macroalgas y por colonización por mejillón.
- Incremento de la población de depredadores asociadas al aumento de estructuras epibentónicas.

Otros tipos de alteraciones también se registran, ya no como efecto del cese de la actividad de remoción para la captura, sino como derivadas de la propia ausencia de estas personas en el medio litoral. Al mismo tiempo que recogen las especies objetivo de la explotación marisquera, las personas que se dedican al marisqueo retiran de forma constante ejemplares de especies depredadoras y alóctonas invasoras, así como basuras que se van encontrando. Igualmente, existen otro tipo de alteraciones, como la llegada de tierras, cenizas y restos vegetales que se acumulan con cierta frecuencia, arrastrados por los ríos próximos tras incendios forestales en los bosques de las laderas de los bancos marisqueros. Así, otras alteraciones frecuentes son:

- Incremento de la población de depredadores.
- Expansión de especies invasoras
- Acumulación de basuras
- Acumulación de tierras y restos vegetales tras incendios forestales.

---

### 7.2.1. COLMATACIÓN DE CASCAJOS CON SEDIMENTOS FANGOSOS Y DEPÓSITO DE FINOS SOBRE SEDIMENTOS GRUESOS.

La colmatación de cascajos se puede originar por cambios en la circulación y transporte de sedimentos asociados a obras civiles, como la construcción de diques o puertos. También puede deberse a algún tipo de vertido de aguas residuales o al cese de la actividad extractiva y el consiguiente cese de la remoción. Como consecuencia de esta colmatación se pierden los intersticios entre los fragmentos del cascajo, se limita la circulación del agua y los huecos que sirven como nicho para muchas especies bentónicas, y se produce un empeoramiento de las condiciones de óxido-reducción del sustrato (**Figura 16**).

Por su parte, los depósitos de sedimentos finos pueden producirse en zonas estuáricas o próximas a descargas de torrentes que depositen sedimentos terrígenos procedentes de la erosión de las laderas tras algún evento de lluvias torrenciales ligadas a la deforestación o movimientos de tierras. Cuando estos depósitos se producen sobre sedimentos gruesos preexistentes, dan lugar a una sustitución del sustrato, con menor porosidad y, por tanto, menor circulación intersticial, menor oxigenación y, probablemente más compacto. En áreas de sedimentación estuárica pueden producirse depósitos de sedimentos de diferente granulometría asociados a aportes sedimentarios de diferente origen (**figura 16**). En ocasiones la sedimentación de materiales finos se ve favorecida por la fijación de macroalgas invasivas sobre restos de conchas o piedras en bancos de arena (**figura 17**).

Cualquiera de estas alteraciones del sustrato origina un cambio en las condiciones del sedimento. El paso de sedimentos gruesos a sedimentos finos y fangosos produce un cambio en las comunidades bentónicas que se pueden asentar en ellos, hacia comunidades con menor diversidad, y menor adecuación para la mayoría de las especies comerciales.

### 7.2.2. COMPACTACIÓN DEL SEDIMENTO, AUMENTO DE LA FRACCIÓN FINA Y ASCENSO DE LA CAPA DPR.

La compactación de sedimentos y el aumento de sedimentos finos suelen estar relacionados con el incremento de la sedimentación debido al cese de la remoción de sustratos ligada a interrupciones en la actividad marisquera. Estas interrupciones suelen ser debidas a reducciones del stock explotable por diversas causas que van desde medidas de gestión inadecuadas, como cuotas o tamaños de captura inadecuados, hasta modificaciones ligadas al cambio climático, como el cambio en el régimen de vientos. El aumento de la fracción fina en fondos arenosos suele estar ligado al incremento de la compactación y ambos tienen como consecuencia la colmatación de los espacios intersticiales. Nuevamente, esta pérdida de espacios intersticiales compromete la circulación del agua intersticial y la oxigenación del sedimento. Todo esto provoca el incremento del contenido en materia orgánica y el ascenso de la capa DPR hacia la superficie del sedimento (**figura 18**).

---

### 7.2.3. ANOXIA POR ACUMULACIÓN DE ALGAS Y POR COLONIZACIÓN DE MEJILLÓN.

Las acumulaciones de algas, sobre todo las que se producen de forma explosiva como las de las ulváceas, provocan una fuerte demanda de oxígeno y, por tanto, la mortalidad de gran parte de la fauna bentónica, sobre todo bivalvos, y el ascenso de la capa DPR en el sedimento. Estas acumulaciones suelen ser recurrentes en determinadas zonas del litoral y su frecuencia se relaciona con los incrementos de temperatura y la eutrofización de las aguas (**figura 19**).

En bancos marisqueros que dejan de ser explotados durante largos periodos por diversos motivos, puede producirse la colonización por bivalvos epibiontes como mejillón. Al comienzo de la colonización, estos organismos actúan como competidores por el alimento con los bivalvos de interés comercial y facilitan la acumulación de sedimentos finos. Una vez desarrolladas, las colonias de estos organismos promuevan un aumento de la diversidad de organismos epibiontes asociados a sus propias formaciones. Sin embargo, como ejemplo de la hipótesis de exclusión epi-endo, producen una disminución de la corriente en contacto con el sedimento y la acumulación de sedimentos finos. Como consecuencia, conllevan la acumulación de fangos y materia orgánica, la reducción del potencial redox del sedimento (**figura 20**) y, por tanto, la transformación de la biocenosis hacia comunidades muy empobrecidas con un acusado descenso de la diversidad (**figura 11**).

### 7.2.4. INCREMENTO DE LA POBLACIÓN DE DEPREDADORES.

Entre la fauna epibentónica asociada al incremento de la cobertura de mejillón sobre los sedimentos blandos, se encuentran las estrellas de mar. *Asterias rubens* (L., 1758) es una de las especies más abundantes en estos casos. Esta especie causa notables mortalidades sobre las poblaciones de moluscos bivalvos. De esta forma, la cobertura de fondos arenosos por la colonización de mejillón asociada al cese de la actividad marisquera tiene un doble perjuicio sobre estos recursos: el cambio de las condiciones del substrato que favorece otras comunidades bentónicas, y el incremento de depredadores como las estrellas de mar (**figura 21**).

### 7.2.5. EXPANSIÓN DE ESPECIES INVASORAS.

Cada vez son más las especies alóctonas, muchas de ellas invasoras, que son citadas en nuestras costas. Las especies alóctonas pueden afectar a las comunidades bentónicas y las especies de interés comercial actuando como depredadoras, como competidoras o modificando las características del hábitat. En los últimos años, se ha registrado la expansión de la ostra rizada (*Magallana gigas* (Thunberg, 1793)) desde la costa de Lugo hacia el Sur. En su expansión, esta especie no sólo coloniza substrato rocoso, sino que se dispone también sobre substratos blandos (**Figura 22**). Las formaciones de ostra rizada sobre substratos blandos actúan, primero como competidoras por el alimento y, finalmente, alteran el substrato de forma similar a como la hacen las colonias de mejillón. Favorecen la diversidad del epibiontes en detrimento de la fauna bentónica, que se ve afectada por la acumulación de fangos y el incremento de la materia orgánica (**Figura 22**). De esta forma, esta especie modifica las condiciones del substrato y desplaza a las comunidades bentónicas correspondientes a las especies clásicas de interés comercial.

---

### 7.2.6. ACUMULACIÓN DE BASURA.

La acumulación de basuras en el litoral y en el fondo del mar, además de suponer un riesgo para las personas que trabajan en el marisqueo, constituyen una fuente de contaminación y alteración del medio. Gran parte de las basuras detectadas son de origen terrestre, sin embargo, hay otra gran parte originada por la actividad humana en el mar: restos de artes de pesca y elementos de acuicultura, basura dejada por las propias personas que acceden a la costa, etc. Algunos de estos elementos incluso constituyen un substrato inicial para la fijación de colonizadores del substrato, disminuyen la velocidad de la corriente y con tribuyen, de una u otra forma, a modificar las características del substrato (**figura 23**).

### 7.2.7. ACUMULACIÓN DE TIERRAS Y RESTOS VEGETALES TRAS INCENDIOS FORESTALES.

Tras los incendios forestales, además de quemarse la masa vegetal se deja desprotegido el suelo ante la erosión. En las primeras lluvias tras los incendios, el agua arrastra hacia el mar tanto cenizas como materia vegetal y tierras. La llegada de estos materiales al mar incrementa la turbidez y la materia particulada en suspensión. Aunque no hay muchos trabajos sobre los efectos fisiológicos de las cenizas sobre los bivalvos marinos, son conocidos sus efectos sobre algunos componentes del plancton (Gutiérrez-Barral *et al.*, 2024) y sobre la acumulación de diferentes elementos químicos (Silva *et al.*, 2016). Estos materiales en playas expuestas suelen comportarse como la acumulación de restos de arribazón en el supralitoral, aunque, a veces, son atrapados en el perfil del sedimento por la superposición de nuevos materiales (**Figura 24**). En zonas abrigadas, la acumulación de estos materiales en las desembocaduras de los ríos supone depósitos de finos y materia orgánica que afectan al perfil redox del sedimento y a la fauna bentónica (**Figura 25**).

## 8. TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA DIVERSIDAD

### 8.1. La importancia del hábitat.

*El éxito de la restauración o mejora de las poblaciones requiere controles de las capturas, pero también exige que se preste atención a las repercusiones humanas sobre el hábitat. La mera reducción de la explotación de la población que se está restaurando no será eficaz si ha desaparecido el hábitat crítico (Caddy *et al.*, 2003).*

El marisqueo en Galicia incluye como actividades profesionales no sólo las meramente extractivas, sino también una serie de trabajos no extractivos. Estos trabajos se relacionan, entre otros, con el mantenimiento de las condiciones del hábitat, y las tareas más habituales consisten en la retirada rutinaria de acumulaciones de algas y trabajos de regulación de densidades mediante traslados de zonas de reclutamiento a áreas de mejor crecimiento. Todos estos trabajos, extractivos o no, se regulan mediante planes de gestión y son programados por las entidades asociativas del sector del marisqueo.

---

Además de los trabajos programados, existe una serie de buenas prácticas que incluye la retirada rutinaria de especies de animales colonizadores, de depredadores y de basuras que se encuentran mientras se realizan estos trabajos. También se incluye aquí la programación de labores de remoción de sedimentos enmendados y áreas con tendencia a la acumulación de fangos. La constancia en la realización de estas labores rutinarias es clave para el mantenimiento de las condiciones del hábitat y la diversidad en los bancos marisqueros.

Igualmente, es primordial la aplicación y cumplimiento de las medidas de gestión adecuadas para mantener las capturas dentro de los rangos de sostenibilidad del stock. El descenso de las poblaciones sometidas a explotación marisquera se relaciona con varios factores de diferente índole, desde variaciones en la productividad primaria relacionadas con el cambio climático (Parada y Molares, 2023) a la sobrepesca y la pérdida de hábitat esencial. La sobrepesca y la pesca de ejemplares de pequeña talla suponen un descenso en la capacidad reproductiva de las poblaciones. El número de huevos en una puesta crece exponencialmente con el tamaño de las hembras (Brousseau, 1978). Así, García *et al.* (2007) estiman que las hembras de almeja babosa de 35 mm producen un 31% menos de huevos que las de 38 mm de longitud. La reducción en el tamaño de primera captura o la captura de ejemplares con un tamaño menor al establecido disminuye la capacidad reproductora y, por tanto, la productividad de los bancos marisqueros.

Cuando la caída de la producción llega hasta el punto de no ofrecer un volumen de stock suficiente para hacer rentable su explotación, el cese de las tareas de marisqueo orientadas a la conservación del hábitat produce la pérdida del hábitat esencial que, generalmente, se ve transformado en otro más adecuado para comunidades bentónicas empobrecidas y con menor diversidad. Lo mismo ocurre cuando las medidas de gestión no son las adecuadas para el mantenimiento de las condiciones del sustrato. En estos casos se requieren actuaciones de recuperación de los stocks, pero también, del hábitat. Así, las medidas de gestión pesquera han de ir de la mano de las de protección y mantenimiento o conservación del hábitat.

La mayoría de las especies tiene unos requerimientos en cuanto al hábitat en que desarrollan sus poblaciones (**Figura 12**). El hábitat esencial se define como las aguas y el sustrato necesarios para el desove, la reproducción, la alimentación o el crecimiento hasta la madurez (Caddy *et al.*, 2003). Las características del hábitat esencial pueden medirse a través de un índice de conformidad que establece los límites más favorables para cada parámetro. Son muchos los parámetros que definen el hábitat esencial, pero desde el punto de vista de las técnicas de restauración de hábitat

#### La compactación de los sedimentos.

Los sedimentos compactos dificultan el movimiento y la profundización de la fauna que vive enterrada en ellos. Además, reducen el intercambio de gases y la circulación del agua. La compactación de los sedimentos está asociada al tamaño de grano y al espacio intersticial que queda entre ellos. La compactación se puede medir directamente en el medio intermareal mediante compactómetros de mano que miden la resistencia del sedimento al giro de unas palas de medidas determinadas, o mediante su resistencia a la penetración de una flecha de punta cónica desde una altura y con un peso determinado. El CIMA ha desarrollado un penetrómetro ligero que permite medir la resistencia a la penetración tanto en el intermareal como en el infralitoral (Parada, 2024).

---

no todos pueden ser controlados. En el caso de los organismos bentónicos en general y de los bivalvos de interés comercial en particular, los parámetros más accesibles para su modificación o control están en relación con la densidad de las poblaciones y con las características y condiciones del sedimento. En general, los primeros pueden regularse mediante la gestión pesquera y las buenas prácticas en las capturas y el manejo de los stocks; los segundos, más directamente con las técnicas de conservación del sustrato.

Las técnicas de conservación y de restauración del sustrato se aplican fundamentalmente a la granulometría y otras variables derivadas de ella, como el perfil redox o la compactación. Los requerimientos de cada especie con respecto a estas variables pueden agruparse en un índice de conformidad que se obtiene a partir de las curvas de preferencia. Para cada variable se obtiene una curva de preferencia, a través de una función que la relaciona con la respuesta de la población, de forma que el valor de la variable estudiada que se corresponde con el máximo de esta función refleja el valor óptimo de la variable para esa especie. Combinando el índice de conformidad con respecto a cada variable se puede obtener un índice de conformidad general de un lugar para el conjunto de variables estudiadas (**figura 26**). De hecho, muchas de estas variables se encuentran relacionadas entre sí. Así, aunque la compactación óptima para el conjunto de los bivalvos se encuentra en torno a 6 KPa (valor pendiente de validación) existe una relación entre la mediana granulométrica y la compactación o la resistencia a la penetración del sedimento (Parada, 2024), al igual que entre la moda granulométrica, el contenido en materia orgánica y la profundidad de la capa DPR (**tabla 1**).

## 8.2. Técnicas de restauración aplicadas en el marisqueo en Galicia

*La protección es más fácil que la restauración y los esfuerzos para restaurar los hábitats y las poblaciones asociadas son inútiles si las perturbaciones responsables de la degradación continúan sin disminuir* (Shumway y Kraeuter, 2000).

Los proyectos de restauración de bancos marisqueros se llevan a cabo en multitud de lugares y desde hace mucho tiempo. En Galicia, los trabajos de Fernández Cortés *et al.* (1979) y de Rodríguez Moscoso *et al.* (1987) figuran entre los primeros publicados sobre esta temática. También es abundante la bibliografía que tiene por objeto mejorar el diagnóstico y el diseño de los proyectos de restauración (Caddy *et al.*, 2003; Brumbaugh *et al.*, 2006) y las técnicas de siembra con este objetivo son continuamente revisadas (Villalba *et al.*, 2024). Todos estos trabajos tienen en común intervenciones orientadas al incremento del stock de la especie de interés y/o a la mejora de las condiciones del hábitat. Estas técnicas incluyen:

- Mejora o conservación de las condiciones del sustrato.
- Mejora del hábitat para incrementar la fijación natural.
- Traslados de juveniles desde áreas de fijación o alta densidad a áreas de crecimiento.
- Siembras.
- Control de depredadores y competidores.

---

Entre estas técnicas se distinguen las tareas de protección, las de mejora y las de restauración. Las tareas de protección buscan la reducción o la gestión adecuada de los impactos humanos incluida la explotación de los recursos y los impactos sobre el medio. Las operaciones de mejora persiguen incrementar determinados servicios ecosistémicos sobre otros, por ejemplo, favoreciendo la provisión de alimentos frente a otros usos. La restauración tiene por objetivo la recuperación de estados del sistema anteriores al actual. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las labores de conservación y las herramientas de gestión y protección de los recursos, como el control de los tamaños de las capturas, el establecimiento de vedas, la rotación de zonas de extracción, etc., son más eficaces, económicas y fáciles de poner en práctica que las técnicas de restauración.

Las técnicas más frecuentemente empleadas en el marisqueo en Galicia se pueden reunir en cinco grupos:

- Intervenciones directas sobre el sustrato.
- Retirada de depósitos de algas y restos terrígenos.
- Control de competidores y depredadores.
- Retirada de basuras.
- Actuaciones sobre la población de la especie de interés.

#### 8.2.1. INTERVENCIONES DIRECTAS SOBRE EL SUBSTRATO.

##### *Remoción del sustrato*

Las tareas de remoción del sustrato persiguen varios objetivos:

- Paliar la colmatación de cascajos y los depósitos de sedimentos finos
- Revertir la compactación de sedimentos, el incremento de la fracción fina y el ascenso de la capa DPR

Estos objetivos tienen como resultado la mejora de las condiciones del sustrato en cuanto a que el paso de sedimentos finos a cascajos heterogéneos propicia el asentamiento de comunidades bentónicas con mayor diversidad (**figura 12**).

Las tareas de remoción de sustrato se pueden aplicar tanto en el intermareal como en el infralitoral. En cualquiera de los dos medios pueden realizarse mediante labrado mecánico o con aparatos de remoción hidráulica (Parada, 2023). El marisqueo en Galicia incluye, como tareas no extractivas de conservación del hábitat, la remoción del sustrato tanto mecánica como manual (**figura 27**). Con cualquiera de estos métodos se han obtenido mejoras en el sustrato en cuanto al perfil redox, incrementando la profundidad de la capa DPR (**figura 28**); respecto a la granulometría del sustrato, disminuyendo la fracción fina (**figura 29**); en cuanto a la compactación; y en relación con la fauna bentónica, aumentando la diversidad (**tabla 3**). En todo caso, los métodos hidráulicos son menos agresivos para la fauna y menos costosos que los mecánicos, ya que pueden ser aplicados de forma manual en el intermareal y con una embarcación ligera en el infralitoral. Por otra parte,

---

para ser efectivas, estas técnicas han de aplicarse de forma recurrente y con constancia. También son de aplicación en áreas de sedimento compacto y de cascajos cubiertos por sedimentos finos. En estas últimas, otro de los objetivos es reincorporar los cascajos a la superficie del sedimento para mejorar su textura (**figura 30**). Por otra parte, antes de realizar tareas de remoción de substrato deben retirarse los acúmulos de algas que pudieran existir sobre el substrato para evitar generar nódulos de sedimento reducido por la descomposición de las algas que resulten mezcladas con el sedimento durante la remoción.

### *Enmiendas del substrato*

Las técnicas de remoción del substrato para mejorar la granulometría únicamente son efectivas en sedimentos arenosos o gravosos colmatados de pelitas. En estos casos, la remoción resuspende la fracción fina y facilita su transporte por el hidrodinamismo para hacer prevalecer la fracción gruesa preexistente en el sedimento, o bien, reincorporar a la superficie del sedimento los cascajos preexistentes cubiertos por la fracción fina.

Las enmiendas del substrato buscan substituir la granulometría original del sedimento añadiendo substratos no originales, como conchas de ostra fragmentadas o de berberecho; o bien gravas procedentes de canteras en tierra. El objetivo de estas técnicas es incrementar el tamaño de grano y los intersticios en el sedimento para que sea más favorable para albergar comunidades propias de los sedimentos heterogéneos o los cascajos sucios. Esto hace aconsejable que el tamaño de grano de los áridos añadidos se encuentre entre los 6 y los 12 mm aproximadamente. En todo caso, ha de evitarse el empleo de áridos de diámetro inferior a los 5 mm que serán más fácilmente colmatados por el aporte natural de finos, o de conchas de mejillón trituradas. Estas últimas, por su configuración laminar, no favorecen la generación de intersticios sino la compactación del sedimento (**Figura 31**).

Estos trabajos se realizan en lugares con sedimentos fangosos, de forma que tienen una tendencia natural a la acumulación de elementos finos. Los proyectos de restauración de substratos de bancos marisqueros que incluyen adición de cascajos o gravas sobre fondos fangosos pueden fracasar si no van acompañados de tareas constantes de remoción para evitar que se colmaten o sean cubiertos por los sedimentos finos (figura 32). Por otra parte, los trabajos más habituales se proyectan de forma que la capa del substrato añadido tenga una potencia de 20 a 30 cm y sin llegar a alcanzar cotas finales intermareales en el caso de trabajos en el infralitoral.

## **8.2.2. RETIRADA DE DEPÓSITOS DE ALGAS Y RESTOS TERRÍGENOS.**

### *Retirada de algas*

Las acumulaciones masivas de algas ulváceas deben ser retiradas lo antes posibles para evitar que el comienzo de su descomposición provoque un aumento de la demanda de oxígeno y la reducción del perfil redox del sedimento con la consiguiente mortalidad de la fauna bentónica. Aunque estos efectos de las acumulaciones de algas se dan tanto en el infralitoral como en el intermareal,

---

son más críticos en este último medio porque, además, suelen coincidir con incrementos de la temperatura atmosférica y de la capa de agua superficial.

La retirada de algas en el intermareal se realiza generalmente por medios manuales, aunque también existen desarrollos de sistemas mecanizados para esta tarea. En el caso de las acumulaciones en el infralitoral, se suelen retirar mediante elementos remolcados, si bien existen sistemas de recogida mecanizada en desarrollo (**figura 33**).

Es necesario destacar que las acumulaciones de algas que originan problemas en el sedimento suelen ser las correspondientes a floraciones explosivas de ulváceas, generalmente ligadas a procesos de eutrofización. Estas acumulaciones deben diferenciarse de las arribazones de algas pardas que, salvo llegadas masivas después de tormentas en otoño e invierno, no suelen provocar cambios en el sedimento y suelen ser acumuladas en el intermareal superior y son una fuente de materia orgánica mayoritariamente en playas expuestas (Gómez *et al.*, 2021).

#### Retirada de depósitos de tierras, cenizas y restos de incendios

Los depósitos de tierras y restos de incendios suelen producirse arrastrados por lluvias torrenciales. En estos casos suelen formar capas gruesas de sedimentos finos mezclados con restos vegetales. Estos depósitos se dan sobre todo en el intermareal en las proximidades de las desembocaduras de ríos. En la retirada de los restos vegetales debe evitarse el uso de maquinaria para minimizar la mezcla con los sedimentos, aunque en muchos casos, el propio oleaje suele depositar los restos vegetales en el intermareal superior. Si la acumulación de cenizas forma una capa bien definida, también es preferible su retirada por medios manuales, pero cuando las cenizas se mezclan con los sedimentos pueden ser más efectivas las tareas de remoción (**figura 34**).

### 8.2.3. CONTROL DE COMPETIDORES Y DEPREDADORES.

#### *Retirada de competidores*

Además de afectar a las características del substrato y la diversidad del bentos infaunal, las colonias de mejillón y de ostra rizada actúan como competidores de los bivalvos de interés comercial. Cuando se trata de colonias intermareales, su retirada se realiza a mano. Sin embargo, cuando se sitúan en el infralitoral se emplean tanto artes de arrastre, generalmente empleados en la pesquería de especies comerciales como la vieira (*Pecten spp.*), como la retirada mediante buceo (**figura 35**). En bancos marisqueros cuya capacidad de reproducción está activa a pesar de la colonización por mejillón, es frecuente encontrar juveniles de almejas y ejemplares de más de un año de edad entre las masas de mejillón. En estos casos debe valorarse la conveniencia de retirar estos ejemplares para devolverlos al mar (**figura 36**). La retirada de estas colonias supone una rápida recuperación del perfil del sedimento (**figura 37**) y de la diversidad del bentos infaunal (tabla 4) que se llega a mantener más de dos años después de estos trabajos.

---

Las praderas de fanerógamas marinas como *Zostera noltei* Hornemann, 1832 y *Zostera marina* L., 1753, son un caso especial de colonizadores del substrato. Son un hábitat incluido en la Directiva de Hábitats de la UE por sus implicaciones como conformadoras de hábitat en la mejora de la diversidad del bentos epifaunal, en el soporte a la avifauna, la generación de refugio y áreas de cría, o la fijación de carbono. Por tanto, estas áreas no son consideradas como competidoras sino como beneficiosas para el medio. Sin embargo, su expansión fuera de su distribución habitual modifica las condiciones del medio y favorece a la facies de *Scrobicularia plana* dentro de la comunidad de *Cerastoderma edule*. Las tareas de conservación de los bancos marisqueros en cuanto a las praderas de zosteras se limitan a la georreferenciación de sus límites espaciales para mantener su estatus geográfico actual. Hasta el momento no se ha constatado la expansión de los fangos de zosteras más allá de los límites actuales de estas praderas en zonas en las que se haya suspendido la actividad marisquera.

Las colonizaciones de ostra alóctona producen el mismo efecto sobre el sedimento y la endofauna bentónica que las de mejillón. En las diferentes localidades por las que se va expandiendo esta especie hacia el Sur desde la costa norte de Galicia se van ejecutando proyectos de retirada de esta especie, sin embargo, cada vez son más las entidades asociativas del sector del marisqueo que la incorporan como objetivo comercial en sus planes de gestión.

#### Retirada de depredadores

Los depredadores que más habitualmente son objeto de proyectos específicos de control de sus poblaciones son las estrellas de mar (*Marthasterias glacialis* (L., 1758) y, sobre todo, *Asterias rubens* (L., 1758)); el gasterópodo *Ocenebra erinaceus* (L., 1758); el cangrejo *Carcinus maenas* (L., 1758) y los gasterópodos alóctonos de la familia Muricidae, *Bolinus brandaris* (L., 1758) e *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758). Las campañas de control de estrellas de mar suelen realizarse puntualmente, cuando sus poblaciones aumentan en densidad, y empleando técnicas de captura directa mediante buceo o artes menores de arrastre como los rastros de vieira. En el caso de *O. erinaceus* y *C. maenas*, lo más habitual es emplear nasas cebadas de forma continuada. La distribución de los murícidos alóctonos *B. brandaris* y *H. trunculus* hasta ahora se reduce a la ensenada de A Toxa. En este caso, se realizan campañas cortas localizadas en la época de reproducción que tienen por objetivo la retirada de ootecas aprovechando su visibilidad y localización. En estas campañas se emplean métodos de extracción directa mediante buceo y se recogen tanto ootecas como los ejemplares adultos que están sobre ellas o en sus proximidades (**Figura 38**). En el caso de las ootecas, deben depositarse en bolsas o contenedores sin luz de malla para evitar su propagación por desprendimientos o por las aves.

Los trabajos con técnicas de buceo son más eficaces cuando se realizan de manera sistemática empleando transectos georreferenciados. La eficacia de las campañas de regulación de las poblaciones de estas especies puede medirse mediante la evolución de las capturas (**Figura 39**). Por otra parte, es importante conocer la fenología de estas especies para optimizar los esfuerzos y sincronizarlos con los momentos de mayor presencia de individuos (**Figura 40**). Para esto se

---

establecen programas de seguimiento de la densidad de sus poblaciones mediante muestreo periódico con nasas o vídeo remolcado (Parada, 2023b). En el caso de la retirada de ootecas, como el período de puesta y maduración es muy corto, son más eficaces las campañas en las que participan muchos recolectores, ya que la recogida es más rápida y el periodo de tiempo antes de que las ootecas eclosionen es corto.

En la regulación de las poblaciones de depredadores conviene tener presente su papel dentro de las redes tróficas. Muchos de los depredadores son también carroñeros facultativos, de forma que contribuyen a la eliminación de cadáveres en descomposición que podrían afectar a las condiciones del sedimento, o a la reducción de la propagación de enfermedades. Estas especies no depredan únicamente sobre bivalvos de interés comercial y, además, constituyen parte de la dieta de otros depredadores de bivalvos. Es el caso de las rayas *Dasyatis pastinaca* (L., 1758) y *Myliobatis aquila* (Linnaeus, 1758) que incluyen en su dieta tanto bivalvos y gasteródos epibentónicos como cangrejos, que también depredan sobre los bivalvos. Igualmente debe evitarse la retirada de especies no depredadoras como *Tritia reticulata* (L., 1758) que, siendo carroñera estricta, es confundida con la depredadora *O. erinaceus* (Figura 41).

#### 8.2.4. RETIRADA DE BASURAS.

La retirada de basuras marinas se realiza bien de forma rutinaria durante las propias labores extractivas, de forma que constituye una de las buenas prácticas recomendadas en la actividad marisquera, o bien mediante campañas específicas. Estas últimas suelen ser realizadas por las propias personas que se dedican al marisqueo o bien involucrando a colectivos ciudadanos ajenos al sector. Los trabajos se realizan tanto mediante buceo en el infralitoral como de forma manual en el intermareal (Figura 42). En el caso de los trabajos submarinos, la búsqueda de basuras y su retirada deben realizarse de forma sistemática empleando transectos o cuadrantes. Los elementos recogidos deben ser derivados a puntos de tratamiento específico autorizados.

#### 8.2.5. ACTUACIONES SOBRE LA POBLACIÓN DE LA ESPECIE DE INTERÉS.

##### Siembras y traslados

Los trabajos de restauración de bancos marisqueros se dirigen, en su mayoría, a la adecuación del hábitat para incrementar su producción y su diversidad. La incorporación de ejemplares de las especies objetivo se realiza una vez recuperado el hábitat con tres objetivos: i) acelerar el reclutamiento natural, ii) promover la realización de trabajos de conservación y iii), en el caso de sembrar ejemplares de talla pre-comercial, reiniciar cuanto antes las tareas de extracción para que la consiguiente remoción del substrato evite los problemas relacionados con la ausencia de marisqueo. Esta incorporación de ejemplares puede ser a través de siembras de ejemplares procedentes de criaderos o bien con ejemplares trasladados de otros bancos naturales. Los traslados pueden ser un objetivo en sí mismo de las técnicas de gestión de los bancos marisqueros. Con ellos se persiguen regular la densidad en lugares de reclutamiento en los que esta puede ser excesiva y aprovechar este exceso de stock para repoblar áreas en las que el reclutamiento natural es pobre aunque, tal vez, el crecimiento es óptimo.

---

En las tareas de siembra conviene tener en cuenta una serie de precauciones. Además de la densidad de siembra, que depende de diferentes factores fuera de los objetivos de este trabajo, una de las principales causas de fracaso de los proyectos de siembra está relacionada con el arrastre de los ejemplares sembrados por efecto del oleaje o el hidrodinamismo antes de que se entierren en el sedimento. Para evitar esto se realiza una remoción del sustrato antes de proceder a la siembra. Esta remoción facilita y acelera el enterramiento de los ejemplares. En el intermareal puede forzarse al enterramiento removiendo el sedimento con rastrillos o con medios mecánicos (**figura 43**). Aunque se pueden instalar mallas horizontales para la protección de los ejemplares sembrados, su empleo requiere una vigilancia exhaustiva ya que suelen provocar la acumulación de sedimentos finos y materia orgánica que empeoran las condiciones del sedimento y pueden comprometer la supervivencia de los ejemplares sembrados. Por otra parte, en el infralitoral, la remoción suele atraer depredadores a la zona de siembra. Ante este problema, una medida que da buenos resultados consiste en rodear la zona removida con caceas de nasas desde el momento de la remoción y con renovación diaria hasta tres o cuatro días después de la siembra (**figura 44**).

#### *Gestión de la explotación*

En muchos casos la pérdida de producción de un banco marisquero no está exclusivamente relacionada con las condiciones ambientales del hábitat. Si los valores de las diferentes variables se ajustan a los rangos de los valores óptimos de las curvas de preferencia del índice de conformidad del hábitat (**Figura 26**), es probable que la pérdida de producción esté relacionada con algún problema en la aplicación de las herramientas de gestión de la explotación. Independientemente de que puedan aplicarse otras, hay tres herramientas básicas de gestión que influyen de forma directa en el mantenimiento de las poblaciones sometidas a presión pesquera: los tamaños mínimos, los topes de captura y las vedas temporales. Si alguna o varias de estas medidas no se aplican o no se respetan correctamente, la capacidad de autorrenovación de la población explotada se verá afectada. A modo de ejemplo, aunque generalmente las causas de la pérdida de producción suele ser un conjunto de variables, la captura sostenida de un alto porcentaje de ejemplares por debajo del tamaño mínimo establecido puede mermar el potencial reproductor de un banco natural debido a la ya mencionada relación entre el número y tamaño de los reproductores con el número de huevos y, posteriormente, de reclutas en la población (**figura 45**). Del mismo modo que sin un hábitat adecuado no es posible la restauración de la producción y la diversidad de un banco marisquero, tampoco lo es sin un potencial reproductor adecuado.

---

### 8.3. La perspectiva sistémica.

#### 8.3.1. LOS COMPONENTES DE LA PERSPECTIVA SISTÉMICA.

La aplicación de una perspectiva sistémica al marisqueo implica abordar su gestión desde una perspectiva holística. En el ámbito del marisqueo en Galicia, los trabajos de conservación y restauración del hábitat y la producción, se abordan desde una perspectiva sistémica en la medida en que incluye cuatro aspectos:

- Promueven el uso adecuado del territorio
- Pueden contribuir a la mitigación o a la adaptación al cambio climático
- Mejoran la biodiversidad
- Se ajustan al concepto de infraestructura verde (azul en el caso de medios acuáticos)

Igualmente, responden al concepto de infraestructura verde en la medida que:

- Favorecen o mantienen los servicios ecosistémicos
- Aplican la restauración ecológica
- Mejoran la conectividad

##### *Promoción del uso adecuado del territorio*

Estas tareas y proyectos fomentarán el uso adecuado del territorio si tienen en cuenta los diferentes usos de la zona con objetivos económicos, recreativos, de conservación u otros. Así, se entiende que un proyecto favorece un uso adecuado del territorio si mantiene la distribución espacial de usos establecida en las últimas décadas.

##### *Contribución a la mitigación o a la adaptación al cambio climático*

Puede considerarse que las actividades de restauración de bancos marisqueros tienen en cuenta las causas del cambio climático si implican aspectos como la eficiencia en el consumo energético en la ejecución o en los objetivos, o si consideran la fijación de carbono en sedimentos con, por ejemplo, la conservación de praderas de fanerógamas en sus límites actuales.

##### *Mejora de la biodiversidad*

La biodiversidad se puede definir como la variedad de todas las formas de vida, incluyendo los ecosistemas de los que forman parte. Así, incluye tres componentes: diversidad genética, diversidad específica y diversidad de ecosistemas o, por extensión, de hábitats. Las actividades de conservación y restauración del hábitat de los bancos marisqueros mejorarán la biodiversidad si mejoran alguno de sus componentes. Así, mejorarán la diversidad específica si promueven el incremento de la riqueza específica y la equitatividad o similaridad de las especies en cuanto a su abundancia. Igualmente, contribuirán a la diversidad de ecosistemas si mantienen la diversidad de hábitats existente en las últimas décadas.

---

### *La infraestructura azul*

El concepto de infraestructura azul se corresponde con la aplicación del concepto de infraestructura verde a los medios acuáticos. Este concepto se define como red estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad, tanto de los asentamientos rurales como urbanos (European Commission, 2013). Las tareas habituales de conservación de las condiciones del hábitat y los proyectos de restauración orientados hacia el mismo objetivo se ajustarán al concepto de infraestructura azul en la medida en que apliquen, mantengan o mejoren alguno o todos los componentes de los tres pilares que la definen:

- Aplicar la restauración ecológica
- Mejorar la conectividad
- Favorecer o mantener los servicios ecosistémicos

### **8.3.2. LOS COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA AZUL.**

#### *Restauración ecológica*

La restauración ecológica consiste en recuperar los ecosistemas que fueron degradados, dañados o destruidos, con dos premisas:

- La intervención debe integrar las sinergias con la socioeconomía y con la demanda de servicios ecosistémicos
- La intervención debe implicar a los usuarios de la zona restaurada

La implicación de los usuarios no tiene por qué ser una participación directa en la intervención, pero sí que deben estar implicados en la demanda del proyecto; aportando su opinión sobre el mismo y, contribuyendo a alcanzar los objetivos perseguidos y en el mantenimiento de los mismos una vez alcanzados.

El marisqueo, como uso tradicional, condiciona el paisaje de las rías y el sustrato marino. El aumento de la presión demográfica en la costa y de los procesos erosivos, favorece la sedimentación de fangos y la carga de materia orgánica. Como se ha visto, en ausencia de la actividad marisquera, la sucesión espacial natural de los sedimentos y de las comunidades bentónicas en el fondo marino se ve alterada. Cualquier intervención sobre un fondo marino, degradado por fenómenos relacionados con la sedimentación o el aumento de materia orgánica, que pretenda restablecer sus condiciones en zonas tradicionalmente utilizadas como áreas de marisqueo, no conseguirá resultados duraderos si no va acompañada de la reanudación de la actividad marisquera y de remoción del sustrato inherente a la misma.

---

### Conectividad ecológica

La conectividad ecológica se define como el grado en el que el paisaje facilita o dificulta el movimiento de especies a través de fragmentos de hábitat. Por otra parte, la permeabilidad ecológica hace referencia a la capacidad del territorio para permitir la conectividad de las diferentes especies de fauna y flora silvestres que lo habitan. En el medio marino donde la mayoría de las especies cuentan con fases larvarias con alta o moderada dispersión, los proyectos de restauración o las tareas habituales de conservación del medio no afectarán, en general, a la conectividad siempre que no impliquen la fragmentación o reducción de la distribución de especies cuya presencia constituye un hábitat en sí misma. Es el caso de las fanerógamas marinas, agregados de *Lanice conchilega* o fondos de maërl, excluyendo áreas de nueva expansión en competencia con otros hábitats preexistentes. Así, salvo estos casos, la mayoría de las especies bentónicas tienen una fase larvaria y constituyen metapoblaciones en las que la conectividad no está estrictamente ligada a la continuidad física del biotopo mientras no se vea comprometido el régimen de circulación hidrodinámica.

### Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos agrupan las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano. Los servicios ecosistémicos de contribución directa se denominan servicios finales, mientras que los de contribución indirecta se denominan servicios intermedios. Se clasifican en tres grandes grupos: servicios de provisión, servicios de regulación y mantenimiento, y servicios culturales.

Son muchos los servicios ecosistémicos ligados al medio marino litoral. Una relación completa puede consultarse en la Comisión Internacional de Clasificación de los Servicios Ecosistémicos (CICES) de la Agencia Ambiental Europea (<http://cices.eu/>). En el caso de las actividades de conservación del medio y los proyectos de restauración encuadrados en la actividad marisqueira, se han descrito una serie de servicios más íntimamente relacionados con ellos. Estas actividades contribuirán a mantener los servicios ecosistémicos en la medida en que lo hagan con uno o más de los servicios implicados.

### **8.3.3. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS IMPLICADOS.**

#### Servicios ecosistémicos de provisión

Incluyen las funciones del ecosistema en la provisión de alimentos y otros aprovisionamientos. En el ámbito del marisqueo se pueden concretar en dos capítulos: servicios de nutrición, que proporcionan alimentos; y servicios de aprovisionamientos materiales, que proporcionan materiales de uso no exclusivamente alimentario.

---

Los servicios ecosistémicos de las áreas que permiten el desarrollo del marisqueo proporcionan alimentos a partir de:

- Algas silvestres y sus productos
- Animales salvajes y sus productos
- Algas cultivadas *in situ* y sus productos
- Animales cultivados *in situ* y sus productos

Los servicios de provisión de materiales se podrían relacionar, en el caso del marisqueo, con la obtención de fibras y otros materiales a partir de algas o animales para uso directo o procesado, como materiales de uso cosmético o para la industria farmacéutica. Igualmente proveen de materiales para uso agrícola, como abonos, correctores de estructura u otras características del suelo. Un ejemplo de estos casos es el aprovisionamiento de algas para uso como abono agrícola a partir de las tareas de retirada de acumulaciones de ulváceas, o el aprovechamiento de las valvas desechadas en los cocederos.

#### *Servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento*

Estos servicios están relacionados con el mantenimiento de los ciclos de vida, el control de plagas y enfermedades, la calidad de los sedimentos, la calidad del agua, el ciclo de la materia, los nutrientes y los desechos a través de la biota o las funciones del ecosistema, etc.

Entre los servicios relacionados con el tratamiento de residuos, elementos tóxicos y otras molestias se distinguen los que se obtienen por medio de la biota y los que alcanzan por medio del ecosistema. El primer caso incluye los servicios realizados mediante procesos de filtración, asimilación, descomposición, acumulación, metabolización, etc. por parte de los organismos vivos. Las tareas y proyectos de conservación del hábitat en los bancos marisqueros contribuyen a estos servicios en la medida en que aumenten o mantengan la diversidad específica. El segundo grupo incluye los servicios suministrados por los procesos bio-físico-químicos: secuestro químico, procesos redox, insolubilización, sedimentación, precipitación, etc. por parte del ecosistema. En este caso, el mantenimiento de las cualidades del hábitat y el ecosistema en que desarrolla el marisqueo mantendrán estos servicios en la medida que aumenten la complejidad de la estructura sedimentaria para favorecer el asentamiento de poblaciones complejas y la diversidad de grupos tróficos. Los sedimentos de granulometrías gruesas con espacios intersticiales favorecen la oxidación de la materia orgánica.

Los servicios relacionados con el tratamiento de flujos materiales son mantenidos por los proyectos relacionados con la estabilización y el control de procesos erosivos y de sedimentación. Las tareas de conservación y restauración de hábitats del marisqueo mantendrán estos servicios en la medida en que contribuyan a reducir la erosión o paliar los efectos de la sedimentación movilizandolos sedimentos finos. Por su parte, los servicios relacionados con el tratamiento de flujos de líquidos hacen referencia al mantenimiento del ciclo hídrico, control de inundaciones, mantenimiento de la batimetría y canales de flujo del agua dulce hacia el mar, etc. Los trabajos de conservación o restauración del hábitat relacionados con la batimetría de los bancos marisqueros y el mantenimiento de los canales de desagüe en las zonas estuáricas contribuyen a este tipo de servicios.

---

Dentro del grupo de los servicios de regulación y mantenimiento, los relacionados con las condiciones físicas, químicas y biológicas del ámbito de la actividad marisquera incluyen:

- Mantenimiento de los ciclos de vida, hábitats y pool genético
- Control de enfermedades y especies invasoras
- Mantenimiento de la estructura y condiciones del sedimento

En el primer caso, los proyectos de restauración del hábitat y las labores habituales de conservación contribuyen a la fijación larvaria y el crecimiento de los organismos bentónicos, de forma que estos servicios se ven favorecidos por el mantenimiento del hábitat en las condiciones adecuadas. Estas tareas también contribuyen al control de enfermedades y la expansión de especies invasoras cuando se enfocan al control de especies alóctonas y mantienen en el medio especies carroñeras estrictas. Igualmente, la mayor parte de las tareas de conservación del hábitat y de los proyectos de restauración de bancos marisqueros se dirigen a recuperar o mantener las condiciones biogeoquímicas del sedimento: granulometría, perfil redox, estructura, contenido en materia orgánica, etc.

Los servicios de regulación y mantenimiento de la calidad del agua abarcan desde las condiciones físico-químicas hasta la composición atmosféricas y regulación del clima. En el primer caso se refieren a los servicios de mantenimiento o regulación de la composición química del agua de mar y los sedimentos para asegurar condiciones de vida favorables a la biota. La actividad marisquera depende directamente de la calidad del agua, de forma que obliga a estar vigilantes de intervenciones en vertidos y de las características del sedimento y del agua. Por otra parte, los proyectos y tareas de conservación relacionados con la retirada de materia orgánica, como la retirada de acumulaciones de algas o la movilización de fangos sedimentados, contribuyen a mantener este servicio en la medida en que regulan la emisión de gases de efecto invernadero.

#### *Servicios ecosistémicos culturales*

Estos servicios ecosistémicos están relacionados con la idiosincrasia de la población, el empleo y los símbolos. Incluyen las interacciones físicas e intelectuales con la biota, los ecosistemas, el paisaje y el medio ambiente. En este capítulo se enmarcan, por un lado, las interacciones con plantas, animales y el paisaje, incluidas en proyectos que se centran en la percepción y la interpretación ambiental del medio; y por otro, el uso científico, educativo, tradicional y cultural. Estos servicios están especialmente implicados en proyectos de restauración u otras actividades, que contemplan el seguimiento de los resultados de las tareas y la colaboración en estudios científicos o la implicación de la sociedad civil ajena al marisqueo. También se enmarcan en este capítulo las interacciones simbólicas, espirituales o de otro tipo, con la biota y los ecosistemas. Estos servicios son proveídos por las tareas habituales y proyectos de restauración que favorecen el marisqueo como símbolo de la cultura y la economía del litoral de Galicia, sin detrimento de otras actividades previas en la zona.

---

## 9. INTRODUCTION

Shellfish harvesting activities in Galicia are regulated by management plans that are developed every three years for each resource exploited by each association within the fishing sector. These plans describe, among other things, how the resources are managed in terms of organization of the activities: quotas, closed seasons or areas, minimum catch sizes, etc. Plans also describe how non-harvesting activities are organized. These refer to activities aimed at preserving the adequate conditions of the exploited populations (relocations, seeding, etc.) and of their habitat, both in terms of substrate and of the presence of competitor or predator species, removal of seaweed or waste, etc. These conservation works are done routinely and are based on the same scientific and technical knowledge as those performed extraordinarily; their aim is to restore habitat and production in those shellfish grounds whose productivity has declined for any reason.

The first works on soft substrates in Galicia from the point of view of benthic communities were performed by Mora (1980) at the University of Santiago de Compostela. Research in the field of shellfish harvesting has been performed since the late 20th century, mainly focusing on objectives related to population dynamics and pathology, in the Centre for Marine Research (Centro de Investigacións Mariñas, CIMA) of the Xunta de Galicia and in the Spanish Institute of Oceanography (Alonso *et al.*, 1985; Mejuto, 1984). However, very few studies have related the exploitation and management of shellfish resources with benthic communities from an ecosystem or at least ecological standpoint (Planas *et al.*, 1984; Fernández, 1986). On the other hand, since the 1970s, improvement, restoration and conservation activities have been performed on shellfish grounds in Galicia, including interventions on substrate characteristics and management of populations of commercial interest (Fernández Cortés *et al.*, 1979).

This document shows the relationships between benthic ecology and the exploitation and management of shellfish resources. Specifically, it reviews the ecological basis underlying habitat conservation and restoration activities aimed at commercial bivalve species from an ecosystem perspective. This is not intended as a scientific study that discusses the results yielded by each restoration technique, nor is it a technical document that describes diagnostic procedures or recommends the most suitable methods for each specific case. Similarly, it is not a comprehensive overview of all shellfish ground conservation and restoration techniques. Taking the experiences

### Shellfish grounds and ecosystem-based approach.

Shellfish grounds can be defined as areas that, thanks to their physical and biological characteristics, host commercial species at a sufficient density (measured as individuals per unit of area) to sustain their profitable exploitation. Population density may be high because juveniles of the species of interest naturally settle in this area at the end of their larval phase or because specimens from other areas or from hatcheries are relocated or introduced into the area by means of "seeding".

Implementing an ecosystem-based approach to the management of shellfish grounds involves applying a wide, transversal scope that takes into account the interconnections among exploited species, non-commercial species, and the ecosystem as a whole, including all the elements involved, from socioeconomic and environmental to cultural ones.

---

### The benthic domain.

The benthic domain is the region constituted by the bottom of an aquatic ecosystem. It includes both the substrate and the organisms living on it and within it. Substrates can be rocky (hard-substrate benthos) or sandy/muddy (soft-substrate benthos). Organisms living on the substrate are known as epibenthic, while those buried within it are known as endobenthic.

of a wide range of restoration works as a starting point, this document aims to present the scientific basis for the most commonly implemented shellfish ground conservation and restoration techniques in Galicia. It also aims to highlight the parameters used for diagnosing and/or monitoring the results of their implementation. Moreover, it intends to emphasize the need for routine application of these conservation techniques. Another goal of this document is to demonstrate how these activities, together with artisanal, non-mechanized shellfish harvesting as it is understood in Galicia, fit into an ecosystem-based approach as described by the EU Marine Strategy Framework Directive (MSFD).

## 10. BENTHIC COMMUNITIES

A community can be defined as a group of organisms occurring in a particular environment, presumably interacting with one another and with the environment, and ecologically different from other groups (Mills, 1969). Although the concept of benthic community predates the aforementioned definition (Petersen, 1914), this is among the most widely accepted ones. While it must be taken into account that they constitute a continuous gradient rather than discrete entities (Gray, 1981), the use of the concept of community for descriptive purposes is very useful to compare among different studies and benthic environments and serves as a unifying element for the characteristics of the environment. In fact, Thorson (1957) described several parallel communities with similar features across different geographical regions worldwide based on species belonging to the same genus that were present in each region. The nomenclature used for these communities is mainly based on the names of one or two species, generally of molluscs and echinoderms, which are not necessarily the most abundant ones within each community. Occasionally, certain species in particular can predominate within a community without leading to major overall alterations. In these cases, the concept of "facies" of a community is used to refer to a certain specialization of the community under specific circumstances.

Communities are closely related to sediment features, which, in turn, integrate different variables such as hydrodynamics and content of organic matter. Therefore, in order to understand the distribution of benthic communities, we need to start by describing the succession of sedimentary environments.

## 10.1. Sediments.

### 10.1.1. SEDIMENTS AND HYDRODYNAMICS.

*Sediment texture or particle size provides direct information about the predominant hydrodynamic conditions in a given area (Reineck and Singh, 1980).*

A close naked-eye observation of sediment composition provides valuable information about their origin. In estuary areas, sediments are mostly of terrigenous origin and are composed of fragments originated by rock erosion, while sediments in areas with a higher degree of marine influence are biogenic and are mainly composed of shell debris and other fragments of marine organisms. However, when observing sediments, particle size is the first thing that stands out. The well-known mathematical equations by Sundborg (1956) or Reineck (1980) (in Olalla, 1995) relate resuspension, transport, and sedimentation processes with current velocity and sediment size (**figure 1**). Moreover, particle size is closely related to sediment porosity and compaction (Velde, 1996) and, therefore, to water circulation within sediments and with the availability of interstitial spaces for fauna. In fact, sedimentary deposition mainly depends on hydrodynamics and particle size (Gray, 1981).

The geographical layout of the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay allows developing a model of the heterogeneous spatial distribution of sediments across three types of coastal

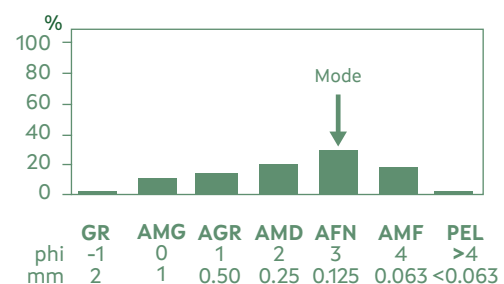
#### Sediment texture.

Sediment texture refers to the size, shape, and ratio of its composing particles. Grain size of sediment particles is determined using granulometric techniques. The results obtained from granulometry provide information not only about size distribution, but also about predominant size (granulometric mode) and size heterogeneity (selection coefficient), among others. Grain size is usually expressed in millimeters. The most commonly used scale is the Wentworth scale (Kenny and Sotheran, 2013), which establishes a maximum size of 0.063 mm for mud (silt and clay) and a minimum size of 2 mm for gravel. The ranges for the different categories in this scale are progressively narrower as we move down the scale, therefore differing in width among categories. This leads to distortions in numerical analyses and in graphic representation of the results. To avoid these issues, the phi ( $\Phi$ ) scale is used. This scale transforms units from mm to logarithmic units ( $-\log_2(\text{mm})$ ); thus, all categories have the same width. The phi scale assigns a value of 4 to mud and -2 to gravel.

#### Wentworth scale

| Textural class         | mm scale      | $\Phi$ Escala |
|------------------------|---------------|---------------|
| Gravel (GR)            | > 2           | -2            |
| Very coarse sand (VCS) | 2 - 1         | -1 - 0        |
| Coarse sand (CS)       | 1 - 0.5       | 0 - 1         |
| Medium sand (MS)       | 0.5 - 0.25    | 1 - 2         |
| Fine sand (FS)         | 0.25 - 0.125  | 2 - 3         |
| Very fine sand (VFS)   | 0.125 - 0.062 | 3 - 4         |
| Mud (M)                | < 0.062       | 4             |

The particle size composition is shown in terms of percentage by weight of each textural class.



---

environments: a ria with a single channel influenced by ocean hydrodynamics from the southwest and by major river inputs; a smaller, north-facing ria with a more limited influence of ocean hydrodynamics and lower river inputs, and a bay with no terrigenous inputs and with direct oceanic influence. Based on the spatial distribution of sediments in these three geographical units, the succession of sedimentary environments can be modelled (Parada, 2005).

### 10.1.2. SPATIAL DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY ENVIRONMENTS.

*The way in which sediments are transported depends on water flow energy and on particle size (Reineck et al., 1980).*

Along the channel of a ria such as that of Pontevedra, and starting from the end of the estuary formed by the river that flows into it, the first fine element to settle is coarse silt. Most fine silt is deposited a little further out into the channel, while clays, being lighter, are the fine fraction that reaches the furthest; thus, their presence is greater in the deepest portion of the sedimentation basin at the end of the ria (**figure 2**). Unlike these fine fractions, sand is deposited at the end of the estuarine area and in zones more exposed to ocean hydrodynamics (**figure 2**). Sediment succession reflects the influence of hydrodynamics. According to the spatial distribution of granulometric modes, a sedimentary gradient from very coarse to very fine sands can be found along the sedimentary plain of the estuary located in the innermost portion of the ria (Cerviño *et al.*, 1982; Alonso *et al.*, 1985; **figure 3**). Moving on to the main channel of the ria, modes progress from coarse silt to fine silt and, finally, to clay. These silts reach the outermost section of the ria, following a gradual distribution of the granulometric mode that is only interrupted by ocean hydrodynamics in more exposed areas of the ria as a result of their geographical layout or depth (**figure 3**). Thus, in places such as the ria of Aldán, with low river input and moderate oceanic exposure, fine sediments are confined to the innermost section, while sands dominate the more exposed outer portion. In these cases, a gradient with increasingly coarse granulometric modes can be observed from the innermost towards the outermost section (**figure 3**). In the case of open bays directly facing the ocean and without any terrigenous input, such as A Lanzada bay, the spatial distribution of sediments is composed of a similar succession of granulometric modes, although within the range of sands, with no fine elements and with a predominantly biogenic origin (**figure 3**).

Sediment texture is related to their organic matter content and to oxygen diffusion within the sediment; thus, increased proportions of mud (silt and clay) and of organic matter in sediments elevate the redox potential discontinuity (RPD) layer towards the sediment surface (Fenchel and Riedl, 1970). Granulometric mode, organic matter content, and depth of the RPD layer are highly correlated (**table 1**). In the RPD layer, the redox potential goes from positive Eh values, which indicate good sediment oxygenation, to negative values corresponding

#### Redox potential (Eh).

Microbial degradation of organic matter consumes large amounts of oxygen and generates hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S), a toxic gas with a characteristic "rotten egg" smell. Oxidization of this gas consumes even more oxygen. The effects of organic enrichment in sediments can be measured by their redox potential (Eh). Negative Eh values indicate reduction (anoxic sediments), while positive values correspond to oxygenated sediments (McLusky, 1990).

---

with deficient oxygenation and increased hydrogen sulphide due to excess organic matter, and sediments appear black (**figure 4**). The finer the sediments, the higher the content of organic matter and the shallower the RPD layer, due to oxygen consumption by the process of oxidization of excess organic matter (Pearson and Stanley, 1979). Thus, the distribution of organic matter content and depth of the redox potential discontinuity layer are parallel to the spatial distribution of modes (**figure 5**).

### 10.1.3. GENERAL SEDIMENTATION MODEL.

According to the above, it is possible to establish a general sedimentation model based on sediment origin and hydrodynamics. Coarser terrigenous sediments settle at estuary mouths, and sediment grain size decreases as distance from the estuary increases. While the granulometric mode progresses from very coarse sand to silts and clays, organic matter content experiences an initial increase followed by a decrease in clay-dominated sediments located furthest from the mouth. At the same time, the redox profile, initially showing positive values, moves towards negative values already at the surface (**figure 6a**). This model is altered if the transport of fine sediments is interrupted by a different hydrodynamic source. This is the case of the influence of ocean hydrodynamics coming from the SW in the central section of the ria of Pontevedra. In this case, the succession towards clay sediments turns to heterogeneous bioclastic sediments constituted by debris from calcareous organisms (biogenic sediments) mixed with silt and clay deposits to form mixed debris. In these areas, sediments show bi- and trimodal grain size diagrams, moderate organic matter contents, and positive values in the upper centimetres of their redox profiles. At greater depths, where the impact of hydrodynamics is lower, succession is resumed, with the deposition of clay elements on sediment basins (**figure 6b**). These gradients from coarse to fine sediments, parallel to the gradient in organic matter content, are consistent with the notion of rias as an organic matter output system towards the platform (Figueras and Niell, 1986), which acts as a recipient area for organic matter (Rey *et al.*, 1989). In the absence of terrigenous inputs or where ocean inputs dominate over terrestrial ones, sediments progress from coarse biogenic sand, with very low organic content and high positive values of Eh, to medium and fine sands, with a slight degree of organic content and redox profiles showing reduced values in their deeper layers, albeit not always reaching negative values (**figure 6c**). This model, based on results from the rias of Pontevedra and Aldán and A Lanzada bay (Parada, 2005), can also be observed in the rias of Arousa (Mora, 1980), Vigo (Vilas *et al.*, 1995), and Ares-Betanzos (Sánchez Mata, 1996).

---

## 10.2. Benthic communities and sediments.

### 10.2.1. RELATIONSHIP OF FAUNAL VARIABLES WITH SEDIMENTARY ENVIRONMENTS.

*Diversity varies according to habitat heterogeneity. Coarse sediments are linked to high hydrodynamics, implying hostile environments with low diversity. Silts and clays reflect a stable hydrodynamic regime but a structurally homogeneous environment. Heterogeneous sediments, with a wide variety of grain sizes, provide greater niche heterogeneity and, therefore, promote a higher diversity (Gray, 1981).*

Benthic species are closely linked to the substrate's physicochemical conditions, which in turn reflect the environmental conditions with respect to hydrodynamics. Therefore, species richness, density, and diversity are correlated with substrate parameters such as granulometric mode, organic matter content, and depth of the RPD layer. Thus, coarser sediments (with a lower mode, according to the phi scale) with lower organic contents and deeper RPD layers host higher species richness, densities, and diversities of benthic fauna (**table 2**).

Therefore, faunal variables can be integrated into the general sedimentation model. The sedimentation area where sands from the estuary are deposited shows medium diversity values ( $H'$ ), consistently with low contents of organic matter and fine sediments. In these areas, estuary-related saline stress and hydrodynamics contribute to a decrease in diversity by generating an environment that is only suitable for euryhaline species (**figure 7a**). Diversity reaches even lower values as contents of organic matter and mud (silts and clays) increase along the channel, where fine elements contributed by the estuary are deposited. When ocean hydrodynamics promotes resuspension of fine sediments and supplies coarser biogenic elements to constitute heterogeneous sediments, an increase in diversity is promoted (**figure 7b**). However, when hydrodynamics becomes too high and organic content decreases, diversity declines again (**figure 7c**). Finally, in the clay sediment basin, depth mitigates the effect of wave action and contents of organic matter and of fine elements increase, causing diversity to decrease further (**figure 7d**).

When hydrodynamics runs opposite to terrigenous inputs in a ria or estuary with a favourable geographical orientation, faunal variables also respond to the resulting sedimentary gradient. Diversity shows lower values in the outermost section, where hydrodynamics is a stress factor that can only be withstood by certain species (**figure 8a**). A similar trend is observed in sediments in the sheltered innermost section, although in this case, the relevant stress factors are the contents of organic matter and

#### Species richness, density, diversity, and relative diversity.

To describe, compare, and assess the health of an ecosystem, certain variables are used to indicate the number of species (species richness) and the number of individuals per unit of area (density). Indices (e.g. diversity indices) are also used to describe how individuals are distributed among the total number of species. An ecosystem where most individuals belong to a few species is a low-diversity one, while one in which all the species show similar numbers of individuals has a high diversity. However, for any given number of species, the distribution of individuals is limited. Evenness reaches its maximum value (1) when individuals are as evenly distributed as possible among all the existing species within an ecosystem.

---

fine elements, reaching values that not all species can tolerate (**figure 8b**). The highest diversity values are found where the balance between these two stress factors can be tolerated by the greatest possible number of species (**figure 8c**).

In the case of open bays directly exposed to wave action, this is the main factor influencing sediment characteristics and environmental variables. In these circumstances, diversity and species richness values are lower in the shallowest portion of the bay, where few species are able to withstand exposed beach conditions (**figure 9a**). Species richness and diversity increase in the deepest section, where the effect of waves is lower and granulometry is coarser (**figure 9b**).

### 10.2.2. SPATIAL DISTRIBUTION OF BENTHIC COMMUNITIES.

*There is an obvious link between the faunal composition of an animal population and the sediment it inhabits (Thorson, 1957).*

The presence of sandy sediments implies the existence of hydrodynamics that is usually more intense in shallow areas. These areas often have higher food availability for different trophic levels. Hydrodynamics is lower in muddy areas, where food is available for a narrower range of trophic groups and physicochemical conditions of sediments are highly restrictive. The general sedimentation model shows a wide variety of sedimentary environments, which limit and promote the presence of different animal taxa, which can associate with each other to form communities. Although communities are not discrete entities, grouping benthic fauna into these types of associations allows categorizing and comparing different sedimentary environments. On the basis of the sediment succession described by the general sedimentation model, the associated faunal communities more frequently found in rias can be overlaid (**figure 10**).

The *Cerastoderma edule* community is found in the succession of terrigenous sands, from coarse to fine, in deposits associated with river inputs. This community is characterized by the presence of species such as *Cerastoderma edule* (L., 1758), *Arenicola marina* (L., 1758), or *Peringia ulvae* (Pennant, 1777). On the coastal margins, in sheltered areas, increased contents of organic matter and fine elements promote the presence of *Zostera meadows*, where the *Scrobicularia plana* facies of this community develops. As hydrodynamics associated with river inputs becomes weaker and depth increases, sediments become finer, with predominance of coarse and fine silts, and organic content increases. In these sediments, the *Cerastoderma edule* community is replaced by the *Abra alba* community. When silts completely dominate the sediments, these are colonized by very few species that can withstand dark-coloured, highly anoxic fluid mud. The *Spiochaetopterus costarum* facies of the *Abra alba* community dominates these sediments; this facies is characterized by a low species richness and by the presence of species such as *Spiochaetopterus costarum* (Claparède, 1869), *Ringicula auriculata* (Ménard de la Groye, 1811), and *Virgularia mirabilis* (Müller, 1776), among others. Beyond silty muds, in the deep section of the sediment basin, compact clay muds with a characteristic greenish colour are deposited. The *Maldane glebifex* community inhabits these mud environments (**figure 10**).

---

The *Abra alba* community is found in a wide range of sediments, from muddy sand to sandy mud. Between this community and the *Cerastoderma edule* or the biogenic sediment communities, a series of transition communities can be found, such as the transition from the *Abra alba* community to the *Tellina tenuis* one, with species such as *Leiochone leiopygos* (Grube, 1860), *Loripes orbiculatus* Poli, 1795, or *Pusillina sarsii* (Lovén, 1846). These transition communities are highly variable. Thus, in the ria of Arousa, the *Nephtys hombergii* facies of the *Abra alba* community is the most widely distributed on muddy sands from the mouth of the Ulla river to the channel of the ria (Mora, 1980). In this facies, species such as *Nephtys hombergii* Savigny in Lamarck, 1818, *Philine quadripartita* Ascanius, 1772, and *Photis longicaudata* (Spence Bate & Westwood, 1862) are worth highlighting (**figure 10**).

Biogenic sediments formed by heterogeneous mixed debris constitute *Eunice vittata* communities within the *Amphiura filiformis* sub-community. These sediments have a high species richness and diversity, with a wide representation of all faunal groups. It is worth *highlighting species* such as *Hilbigneris gracilis* (Ehlers, 1868), *Eunice vittata* (Delle Chiaje, 1828), and a wide range of amphipods, as well as several anthozoans. As organic content decreases and in the absence of major increases in depth, non-mixed debris bottoms and maërl beds can be found. The *Venus fasciata* community inhabits these environments and is characterized by the presence of *Clausinella fasciata* (da Costa, 1778), several species in the genus *Spisula* (J. E. Gray, 1837), and *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas, 1774). Where debris is replaced by finer sands, sediments are more suitable for the *Venus striatula* community, with *Chamelea striatula* (da Costa, 1778), several species in the genera *Spisula* (J. E. Gray, 1837) and *Mactra* L., 1767, and *Echinocardium cordatum* (Pennant, 1777). Shallower bottoms composed of non-mixed biogenic sands are inhabited by the *Tellina tenuis* community, with *Macomangulus tenuis* (da Costa, 1778) and species within the genus *Donax* L., 1758, in more exposed areas (**figure 10**). Thus, the transition from coarse to muddy sediments entails a decrease in diversity (**figure 11**).

### 10.2.3. COMMERCIAL BIVALVE SPECIES AND BENTHIC COMMUNITIES.

*The type of granulometry that defines sediments indicates which species can be expected to be found in them (Davis, 1925, in Thorson, 1957).*

Shellfish grounds constitute associations of species of commercial interest that, due to the density of their populations, can support their profitable exploitation. Like any other species, those of commercial interest have specific physiological requirements that determine their distribution in more or less defined areas associated with different substrate characteristics in addition to tidal level. Although communities cannot be considered discrete units and species are distributed continuously, therefore also appearing in less suitable sediments, albeit at lower densities (Mills, 1969), commercial species can be associated with benthic communities. Planas *et al.* (1984) and García Fernández (1986) were among the first to study benthic communities in shellfish grounds in Galicia.

---

Species such as grooved carpet shell (*Ruditapes decussatus* (L., 1758)), Manila clam (*Ruditapes philippinarum* (A. Adams & Reeve, 1850)), and cockle (*Cerastoderma edule* (L., 1758)) inhabit estuarine environments, mainly in the intertidal area, and belong to the *Cerastoderma edule* community. Sediments slightly enriched in organic matter and at greater depths are favourable to cockle beds (*Cerastoderma glaucum* (Bruguère, 1789)), which often coexist with *Zostera* meadows and with the *Scrobicularia plana* facies of this community (**figure 12**).

In coarse sediment bottoms, from mixed debris to maërl beds, the *Venus fasciata* community includes the presence of beds of banded carpet shell (*Polititapes rhomboides* (Pennant, 1777)) and warty venus shell (*Venus verrucosa* L., 1758). Halfway between this community and the *Venus striatula* fine sands community are beds of rayed artemis (*Dosinia exoleta* (L., 1758)), sword razor clam (*Ensis magnus* Schumacher, 1817), and thick surfclam (*Spisula solida* L., 1758). Pullet carpet shell (*Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791)) is mainly distributed in the *Tellina tenuis* sand community and its transitions towards the *Cerastoderma edule* and *Venus striatula* communities. More exposed sands between the *Tellina tenuis* and *Venus fasciata* communities host populations of truncated wedge clam (*Donax trunculus* L. 1758) (**figure 12**).

## 11. SHELLFISH HARVESTING AND THE ENVIRONMENT

### 11.1. Artisanal, non-mechanical shellfish harvesting as a habitat-engineering activity.

#### 11.1.1. HABITAT-ENGINEERING ORGANISMS.

*Habitat engineers are organisms that directly modulate resource availability for other species by causing physical changes to biotic or abiotic materials. Autogenic habitat engineers modify their environment thanks to their own physical structures. Allogenic habitat engineers modify their environment by transforming live or inert materials from one state to another mechanically or by other means (Jones et al., 1994).*

Burrowing benthic organisms such as *Arenicola marina* (L. 1758), *Callianassa subterranea* (Montagu, 1808), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), and *Lanice conchilega* (Pallas, 1766), among others, promote decomposition of organic matter and resuspension of fine sediments, therefore improving sediment oxygenation and preventing mud accumulation in sandy sediments (Jones et al. 1994; Diaz et al., 1994). Volkenborn et al. (2007) determined that substrate reworking by *A. marina* prevents a major portion of the intertidal sandy area in the Wadden Sea from turning into muddy sediments. In addition to decreasing the accumulation of mud and the concentration of hydrogen sulphide, which is toxic for benthic organisms (Volkenborn et al., 2007), substrate reworking by these organisms also promotes decompaction. This enables burrowing organisms to maintain sandy sediments in suitable conditions for other species (Volkenborn et al., 2007; Wiesebron et al., 2021).

---

Bouma *et al.* (2009) developed the epi-endo exclusion hypothesis. Said hypothesis postulates that allogenic habitat engineers, which increase diversity of the benthic fauna living within the sediment (endobenthic fauna), work opposite to autogenic habitat engineers. The latter generate structures that are used as refuge or food source by other species, thereby increasing the diversity of species living on sediments (epibenthic), but also promote sedimentation of fine elements and accumulation of organic matter. Thus, while burrowing species increase diversity within or right above the sediment, species that build structures on the sediment, such as mussel clumps on sandy substrates or *Zostera* meadows, increase diversity in the water layer over the sediment to the detriment of faunal diversity within the sediment (**figure 13**). Other species such as *L. conchilega* promote interchanges between the sediment surface and the deeper layers, while the protruding section of their tubes constitutes an epibenthic structure. Therefore, *L. conchilega* is simultaneously considered an allogenic and autogenic habitat engineer.

#### 11.1.2. EFFECTS OF THE INTERRUPTION OF ARTISANAL NON-MECHANICAL SHELLFISH HARVESTING ACTIVITIES ON THE HABITAT.

*Humans are a habitat engineering species that uses tools. From a functional point of view, no fundamental differences are observed between human and non-human habitat engineers (Jones et al., 1994).*

Jones *et al.* (1994) established an analogy between several human activities and those of habitat-engineering species by providing examples from the field of civil engineering. Mechanical shellfish harvesting is the collection of bivalves by the use of trawl gears or by resuspending sediments using hydraulic pumping (**figure 14**). Conversely, the artisanal shellfish harvesting activities that take place in Galicia use manual tools, both on foot and from boats, without the use of any mechanical force (**figure 14**). Substrate reworking by this type of shellfish harvesting reaches depths of up to 15 cm. As described in the different training manuals required to obtain a permit to carry out this activity in intertidal areas, shellfish harvesting includes tasks aimed at sediment quality maintenance, such as the removal of accumulated seaweeds, mostly Ulvaceae (**figure 15**) (Castro *et al.*, 2002). These manual reworking tasks are an example of allogenic habitat-engineering activities, comparable to substrate removal by benthic burrowing organisms. Both manual reworking of surface sediments and seaweed removal promote mud resuspension, prevent organic matter accumulation, and limit the expansion of invasive epibiotic species. In summary, they maintain substrate redox conditions and promote endobenthic faunal diversity.

When shellfish harvesting activities in a given area are suspended for a certain period for any reason, substrate reworking is interrupted. If this situation goes on for a long time, mud settles in sheltered areas, and the RPD layer reaches the sediment surface as a consequence of an accumulation of organic matter or a deficient circulation of interstitial water. Likewise, when the response against seaweed accumulation decreases, their decomposition promotes oxygen deficiencies in sediments, leading to widespread mortality of benthic species and to reduced redox potential values in sediments. Thus, the interruption of shellfish harvesting activities enhances mud accumulation on sediments and loss of diversity (**figure 11**).

---

## 11.2. Most common cases of habitat degradation in shellfish grounds.

*Activity by burrowing polychaetes significantly changes the amounts of ammonium and phosphate in sediments, and redox profiles demonstrate that less reducing conditions prevail in the presence of burrowing organisms (Hylleberg et al., 1980).*

When shellfish harvesting activities are interrupted or diminished, the lack of substrate reworking makes the redox layer move up and leads to mud accumulation on coarse-grain substrates and to the development of invasive animal or plant populations on the substrate. Some of the most commonly observed cases are, among others:

- Debris beds filling up with muddy sediments.
- Deposition of fine elements on coarse sediments.
- Sediment compaction, increased fine fraction, and elevation of the RPD layer towards the sediment surface.
- Increased sedimentation due to colonization by invasive macroalgae.
- Anoxia due to seaweed accumulation and colonization by mussels.
- Increases in predator populations associated with increases in epibenthic structures.

Other types of alterations have also been recorded, not only as a result of interrupted substrate reworking linked to harvesting, but also derived from the absence of shellfish harvesters on the coastal area. As shellfish harvesters collect target shellfish species, they continuously remove predators and allochthonous invasive species, as well as any waste that they find. Likewise, other types of alterations exist, such as the relatively frequent accumulation of inputs of dirt, ash, and plant debris transported by nearby rivers after forest fires on the banks surrounding shellfish grounds. Overall, other frequent alterations are:

- Increases in predator populations.
- Expansion of invasive species.
- Accumulation of waste.
- Accumulation of dirt and plant debris from forest fires.

### 11.2.1. FILLING UP OF DEBRIS BEDS WITH MUDDY SEDIMENTS AND DEPOSITION OF FINE ELEMENTS ON COARSE SEDIMENTS.

Debris beds can be filled up due to changes in sediment circulation and transport associated with civil engineering works such as the construction of dikes or harbours. It can also occur as a result of wastewater discharges or of the interruption of harvesting work, with the subsequent cessation of substrate reworking activities. As a consequence of these beds being filled up, interstices among debris fragments are lost, water circulation is limited, the spaces that served as a niche for many benthic species become scarce, and redox conditions in the substrate become poorer (**figure 16**).

---

On the other hand, deposition of fine sediments can occur in estuaries or in areas adjacent to stream discharges carrying terrigenous sediments from slope erosion after heavy rains, linked to deforestation or landslides. When these are deposited on pre-existing coarse sediments, substrate substitution takes place, leading to less porous sediments that, therefore, have lower interstitial circulation, lower oxygenation, and likely higher compaction. In areas with estuarine sedimentation, deposition of sediments of different grain size can occur, associated with sediment inputs with different origins (**figure 16**). Occasionally, deposition of fine materials is promoted by invasive macroalgae growing on cobbles or shell debris in sand beds (**figure 17**).

Any of these substrate alterations lead to modifications in sediment conditions. The change from coarse to fine, muddy sediments alters the benthic communities that can settle on them, lowering their diversity and making them less suitable for most commercial shellfish species.

#### **11.2.2. SEDIMENT COMPACTION, INCREASED FINE FRACTION, AND ELEVATION OF THE RPD LAYER TOWARDS THE SEDIMENT SURFACE.**

Sediment compaction and increased fine sediment contents are usually related to increased sedimentation due to the interruption of substrate reworking linked to periods of inactivity in shellfish harvesting. These interruptions are usually motivated by a reduction in the exploitable stock for reasons ranging from inadequate management measures to modifications associated with climate change, such as shifting wind regimes. Increases in the fine fraction in sandy bottoms are usually linked to increased compaction, and both result in interstitial spaces being filled up. Again, this loss of interstitial spaces affects interstitial water circulation and sediment oxygenation. All these processes lead to increases in organic contents and elevation of the RPD layer towards the sediment surface (**figure 18**).

#### **11.2.3. ANOXIA DUE TO SEAWEED ACCUMULATION AND COLONIZATION BY MUSSELS.**

Seaweed accumulations, mainly explosive ones such as those of Ulvaceae, lead to a marked oxygen demand and subsequently cause the death of large portions of the benthic fauna, mostly bivalves, as well as the elevation of the RPD layer within the sediment. These accumulations are usually recurrent in certain coastal areas, and their frequency is related to increases in temperature and water eutrophication (**figure 19**).

Shellfish grounds that are left unharvested for long periods due to different reasons can be colonized by epibiotic bivalves such as mussels. At the beginning of the colonization process, these organisms compete with commercial bivalves for food and promote the accumulation of fine sediments. Once developed, colonies of these organisms promote increases in the diversity of epibiotic organisms associated with their own formations. However, as an example of the epibiotic exclusion hypothesis, they decrease current velocity at the water-sediment boundary, with the subsequent accumulation of fine sediments. As a result, they promote the accumulation of mud and organic matter, the decrease of redox potential values in the sediment (**figure 20**), and, consequently, the transformation of the biocenosis towards poorer communities, with a marked decrease in diversity (**figure 11**).

---

#### 11.2.4. INCREASES IN PREDATOR POPULATIONS.

Starfish species are among the epibenthic fauna associated with increased mussel cover on soft sediments. *Asterias rubens* (L., 1758) is one of the most abundant species in these cases. This species causes considerable mortalities in bivalve populations. Thus, mussel colonization of sandy bottoms associated with the interruption of harvesting activities affects these resources in two ways: by altering substrate conditions to promote different benthic communities and by increasing the abundance of predators such as starfish (**figure 21**).

#### 11.2.5. EXPANSION OF INVASIVE SPECIES.

The number of allochthonous species, many of them invasive, recorded in our coasts is increasing. Allochthonous species can affect benthic communities and commercial species by acting as predators or as competitors or by modifying habitat characteristics. In recent years, an expansion of Pacific giant oyster (*Magallana gigas* (Thunberg, 1793)) has been recorded from the coast of Lugo to the South of Galicia. In its expansion, this species colonizes not only rocky but also soft substrates (**figure 22**). Pacific giant oyster formations on soft bottoms act first as competitors for food and eventually alter the substrate similarly to mussel aggregations. They promote epibenthic diversity to the detriment of endobenthic fauna, which is affected by mud accumulation and increased organic matter (**figure 22**). Thus, this species modifies substrate conditions and displaces the benthic communities that include traditional commercial species.

#### 11.2.6. WASTE ACCUMULATION.

Waste accumulation on the coastline and sea bottom, in addition to posing a risk to shellfish harvesters, constitutes a source of environmental pollution and alteration. A great proportion of detected waste is from terrestrial origin; however, another major portion comes from human activities at sea, such as discarded fishing and aquaculture gear, litter left by visitors on the coastline, etc. Some of these elements can even serve as initial substrates for the attachment of colonizer organisms, decrease current velocity, or contribute in some way to the modification of substrate characteristics (**figure 23**).

#### 11.2.7. ACCUMULATION OF DIRT AND PLANT DEBRIS AFTER FOREST FIRES.

In addition to burning plant biomass, forest fires leave the soil unprotected against erosion. When it first rains after the fires, runoff water carries ash, dirt, and plant debris into the sea. The input of these materials into seawater increases turbidity and suspended particulate matter. Although not many studies have focused on the physiological effects of ash on marine bivalves, their effects on some plankton components (Gutiérrez-Barral *et al.*, 2024) and on the accumulation of different chemical elements (Silva *et al.*, 2016) are well known. In exposed beaches, these materials usually behave similarly to accumulated beach-cast seaweed on the supratidal zone, although they can sometimes become trapped within the sediment profile due to the deposition of new sediments on them (**figure 24**). In sheltered areas, the accumulation of these materials in river mouths creates depositions of fine materials and organic matter that affect the sediment's redox profile and benthic fauna (**figure 25**).

---

## 12. TECHNIQUES FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF PRODUCTIVITY AND DIVERSITY

### 12.1. The importance of habitats.

*Successful restoration or improvement of populations requires catch surveillance, but attention also needs to be paid to human impacts on habitats. Simply reducing the exploitation of the population to be restored will not be effective if the critical habitat has disappeared (Caddy et al., 2003).*

Shellfish harvesting-related professional activities in Galicia include not only the harvesting work itself, but also a series of non-extractive tasks. These tasks are related, among others, to habitat maintenance, and the most common types of work consist of routine removal of seaweed accumulations and density regulation work by relocating individuals from recruitment areas to other zones better suited for growing. All these works, extractive and non-extractive, are regulated by management plans and are programmed by professional shellfish harvester associations.

In addition to programmed activities, a set of good practices is in place, including the routine removal of colonizing animal species, predators, and waste while carrying out regular tasks. This also encompasses scheduled sediment reworking activities in amended sediments or in areas prone to mud accumulation. Persistence in performing these routine activities is key to maintain habitat conditions and diversity in shellfish grounds.

Likewise, implementing and complying with adequate management measures is essential to maintain catches within stock sustainability values. Decreases in exploited populations are related to several factors of different nature, from variations in primary productivity linked to climate change (Parada and Molaes, 2023) to overfishing and loss of essential habitats. Overfishing and harvesting of small-sized individuals decrease the reproductive capacity of populations. The number of eggs per brood grows exponentially with size of female individuals (Brousseau, 1978). Thus, García *et al.* (2007) estimated that 35mm-long female pullet carpet shell produce 31% fewer eggs than 38-mm-long ones. Decreasing minimum catch sizes or harvesting individuals below the legal size reduces reproductive capacity and, therefore, productivity of shellfish grounds.

#### Sediment compaction.

Compacted sediments prevent the fauna burrowing within them from moving around and reaching greater depths. In addition, they reduce exchange of gases and water circulation. Sediment compaction is associated with grain size and with interstitial spaces between grains. At the intertidal level, compaction can be directly determined using a hand-held compaction meter, which measures the sediment's resistance either to the rotation of blades of a certain size or to the penetration of a cone-tipped rod with a given weight and from a given height. The CIMA has developed a light penetrometer that allows measuring resistance to penetration both in the intertidal and in the subtidal zone (Parada, 2024).

---

When production decreases down to a stock that is insufficient to sustain its profitable exploitation, the interruption of shellfish harvesting-related activities aimed at habitat conservation leads to the loss of essential habitats, which generally become more suitable for impoverished benthic communities with less diversity. The same occurs when management measures are not adequate to maintain substrate conditions. In these cases, restoration measures aimed not only at the stock, but also at the habitat are required. Thus, fishery management measures must go hand in hand with habitat protection, maintenance, and conservation measures.

Most species have certain requirements in terms of the habitats in which their populations can develop (**Figure 12**). The essential habitat of a species is defined as the waters and substrate required for spawning, reproduction, feeding, or growth to maturity (Caddy *et al.*, 2003). The characteristics of an essential habitat can be measured by a habitat suitability index that establishes the most favourable ranges for each parameter. While a wide range of parameters are involved in defining an essential habitat, from the standpoint of habitat restoration techniques not all of them can be controlled. In the case of benthic organisms in general and of commercial bivalves in particular, the parameters more likely to be modified or controlled are those related to population density and to sediment characteristics and conditions. Generally, the former can be regulated by fisheries management and good practices applied to harvesting and stock management, while the latter can be more directly controlled by substrate conservation techniques.

Substrate conservation and restoration techniques are mainly focused on granulometry and other related variables such as redox profiles or compaction. The requirements of each species regarding these variables can be integrated into a suitability index calculated from preference curves. For each variable, a reference curve is built using a function that relates the variable to the population's response, where the value of the variable that corresponds to the maximum value of the function reflects the optimal value of said variable for that species. Combining the suitability indices for the different variables, a global suitability index integrating the whole set of study variables can be calculated for a given location (**figure 26**). In fact, many of these variables are interconnected. Thus, even though overall optimal compaction for bivalves is around 6 KPa (pending validation), a correlation exists between the granulometric median and sediment compaction or resistance to penetration (Parada, 2024), as well as among the granulometric mode, the content of organic matter, and the depth of the RPD layer (**table 1**).

---

## 12.2. Restoration techniques applied within the framework of shellfish harvesting in Galicia

*Protection is easier than restoration, and efforts to restore habitats and their associated population are useless if the disturbances causing the degradation remain (Shumway and Kraeuter, 2000).*

Shellfish ground restoration projects have long been carried out in a wide range of locations. In Galicia, the works by Fernández Cortés *et al.* (1979) and Rodríguez Moscoso *et al.* (1987) are among the first studies published on the subject. Also abundant is the literature aimed at improving the diagnosis and design of restoration projects (Caddy *et al.*, 2003; Brumbaugh *et al.*, 2006), and seeding techniques for these purposes are regularly reviewed (Villalba *et al.*, 2024). A common aspect to all these works is the application of interventions aimed at increasing the stock of the target species and/or improving habitat conditions. Such techniques include:

- Improvement or conservation of substrate conditions.
- Habitat improvement to increase natural recruitment.
- Relocation of juveniles from recruitment or high-density areas to growing areas.
- Seeding.
- Control of predator and competitor species.

These techniques can be classified into protection, improvement, and restoration techniques. Protection techniques aim to reduce or adequately manage human impacts, including resource exploitation and environmental impacts. Improvement operations focus on increasing certain ecosystem services over others, e.g. promoting food provision over other uses. Restoration is aimed at bringing the system from its current state back to a previous one. However, it should be borne in mind that conservation activities and the tools for managing and protecting resources, such as monitoring catch sizes, establishing closed seasons, rotating harvesting areas, etc. are more efficient, inexpensive, and easy to implement than restoration techniques.

The most commonly used techniques within the framework of shellfish harvesting in Galicia can be classified into five groups:

- Direct interventions on the substrate.
- Removal of accumulated seaweeds and terrigenous debris.
- Control of predator and competitor species.
- Waste removal.
- Interventions on target populations.

---

### 12.2.1. DIRECT INTERVENTIONS ON THE SUBSTRATE.

#### *Substrate reworking*

Substrate reworking tasks have several purposes:

- Mitigating the filling-up of debris substrates and the deposition of fine sediments.
- Reverting sediment compaction, fine fraction increase, and elevation of the RPD layer towards the sediment surface.

These objectives result in improved substrate conditions, since the change from fine sediments to heterogeneous debris promotes the settlement of benthic communities with a higher diversity (**figure 12**).

Substrate reworking activities can be performed both in the intertidal and subtidal zones. In both environments, these tasks can be done either by mechanical ploughing or using hydraulic devices (Parada, 2023). Non-extractive habitat conservation tasks related to shellfish harvesting in Galicia include mechanical and manual substrate reworking (**figure 27**). All of these methods have yielded substrate improvements in terms of redox profile, by increasing the depth of the RPD layer (**figure 28**); in granulometry, by decreasing the fine fraction (**figure 29**); in compaction, and in benthic fauna, by increasing diversity (table 3). In any case, hydraulic methods are less aggressive for fauna and less expensive than mechanical ones, as they can be implemented manually in the intertidal zone and on board small vessels in the subtidal zone. Moreover, in order to be effective, these techniques need to be implemented repeatedly and regularly. They are also applicable in the case of compacted sediments and in debris covered in fine sediments. In the latter case, another objective is to bring debris back up to the sediment surface to improve its texture (**figure 30**). Furthermore, before performing any substrate reworking tasks, all seaweeds that may have accumulated on the substrate need to be removed to prevent the formation of nodules with reduced sediment due to the decomposition of seaweeds that may become mixed with sediment during reworking.

#### *Substrate amendment*

Substrate reworking techniques to improve granulometry are only effective in mud-filled sand or gravel. In these cases, reworking can either resuspend the fine fraction and enable its hydrodynamic transport, allowing the coarse fraction to dominate the sediment, or bring the pre-existing debris, now covered in fine sediments, back up to the surface.

Substrate amendments seek to substitute the original sediment granulometry by adding non-original substrate, such as oyster or cockle shell fragments or gravel extracted from inland quarries. These techniques aim to increase grain size and interstices to make sediments more suitable for hosting communities typical of heterogeneous substrates or mixed debris. For this

---

purpose, it is advisable to add aggregates with a grain size approximately between 6 and 12 mm. Grain sizes below 5 mm must generally be avoided, as they can be more easily filled up by natural inputs of fine fractions, or ground mussel shells. The latter, due to their laminar configuration, do not promote the generation of interstices, but rather lead to sediment compaction (**figure 31**).

These techniques are implemented in areas with muddy sediments, naturally prone to the accumulation of fine elements. Substrate restoration projects in shellfish grounds that include adding debris or gravel on muddy bottoms can be unsuccessful if they are not supported by continuous reworking activities to prevent fine sediments from covering them or filling their interstices (**figure 32**). On the other hand, these works are most often designed to achieve an added substrate layer thickness between 20 and 30 cm thick and to avoid reaching final depths that fall within the intertidal range when the target shellfish grounds are subtidal.

### 12.2.2. REMOVAL OF ACCUMULATED SEAWEEDES AND TERRIGENOUS DEBRIS.

#### *Seaweed removal*

Massive accumulations of Ulvaceae seaweeds must be removed as soon as possible to prevent the start of their decomposition from increasing oxygen demand and reducing the sediment's redox profile, with the consequent mortality of benthic fauna. Although the effects of seaweed accumulation take place both in the subtidal and the intertidal zone, they are more critical in the latter, because they usually overlap with increases in temperature, both of the air and of surface water.

Seaweed removal in the intertidal zone is usually done manually, although mechanized systems have also been developed for this task. Subtidal wracks are usually removed by trawling, even though mechanized collection systems are currently under development (**figure 33**).

It is worth pointing out that seaweed accumulations that cause problems in sediments are usually those caused by explosive blooms of Ulvaceae, generally linked to eutrophication processes. These accumulations must not be confused with beach-cast brown algae, which, with the exception of massive arrivals following storms in autumn and winter, do not usually cause changes in sediments and usually aggregate in the upper intertidal zone, constituting a source of organic matter, mostly in exposed beaches (Gómez *et al.*, 2021).

#### *Removal of deposited dirt, ash, and debris from forest fires*

Dirt, ash, and debris from forest fires are usually deposited after being transported by heavy rainfall. In these cases, thick layers of fine sediments mixed with plant debris are usually formed. These deposits occur mainly in the intertidal zone in the vicinity of river mouths. When removing plant debris, the use of machinery must be avoided to minimize mixing with sediments, even though in many cases these plant remains are deposited in the upper intertidal zone by wave action. If accumulated ash forms a well-defined layer, it may be preferable to remove it manually, but when ash is mixed with sediments, reworking may be more effective (**figure 34**).

---

### 12.2.3. CONTROL OF PREDATOR AND COMPETITOR SPECIES.

#### *Removal of competitor species*

In addition to affecting substrate characteristics and diversity of infaunal benthos, mussel and Pacific giant oyster colonies act as competitors against commercial bivalve species. When these colonies are intertidal, they are removed manually. However, when they are found in the subtidal zone, their removal is carried out using trawl gears (generally those used to harvest commercial species such as scallops, *Pecten* spp.) or by divers (**figure 35**). In shellfish grounds whose reproductive capacity is active despite mussel colonization, juvenile clams and individuals older than 1 year are often found among mussel clumps. In these cases, the advisability of removing these individuals to relocate them elsewhere must be evaluated (**figure 36**). Removal of these colonies leads to a rapid restoration of the sediment profile (**figure 37**) and of the diversity of infaunal benthos (**table 4**), and these effects can remain more than two years after the work.

Seagrass meadows composed of species such as *Zostera noltei* Hornemann, 1832 and *Zostera marina* L., 1753 are a special case of substrate colonization. They constitute a habitat included in the EU Habitats Directive due to the role of these species as habitat engineers, improving the diversity of epifaunal benthos, supporting avifauna, creating refuge and nursery areas, and fixing carbon. Therefore, these species are not considered competitors but are rather seen as beneficial for the environment. However, their expansion outside of their usual distribution range modifies environmental conditions and promotes the *Scrobicularia plana* facies of the *Cerastoderma edule* community. Shellfish ground conservation tasks regarding *Zostera* meadows are limited to georeferencing their spatial boundaries in order to maintain their current geographical status. So far, no expansion of *Zostera* meadows beyond their current boundaries has been recorded in areas where shellfish harvesting activities have been interrupted.

Colonization by allochthonous oyster species causes the same effects on sediment and benthic endofauna as those caused by mussels. In the different sites towards which this species has been expanding from the northern coast of Galicia towards the South, several removal projects have been carried out. However, an increasing number of professional shellfish harvesting associations have been integrating it as a commercial target species in their management plans.

#### *Predator removal*

The predator species most commonly subjected to specific population control projects are starfishes (*Marthasterias glacialis* (L., 1758) and especially *Asterias rubens* (L., 1758)), the gastropod *Ocenebra erinaceus* (L., 1758), the crab *Carcinus maenas* (L., 1758), and allochthonous gastropods in the Muricidae family: *Bolinus brandaris* (L., 1758) and *Hexaplex trunculus* (Linnaeus, 1758). Starfish control campaigns are usually implemented occasionally, whenever their populations increase in density, and often use direct capture techniques either by diving or using small-scale trawl gears, such as scallop dredges. In the case of *O. erinaceus* and *C. maenas*, the most commonly

---

used technique is the continuous deployment of baited traps. The distribution of allochthonous muricids *B. brandaris* and *H. trunculus* has so far been limited to the A Toxa sound. In this case, short targeted campaigns are implemented during its breeding season, with the aim of removing oothecae, which are easily spotted and located. These campaigns use direct removal methods by divers to remove both oothecae and adult individuals found on or around them (**figure 38**). Oothecae must be deposited in closed bags or containers to prevent their dissemination due to their release from the container or by the action of birds.

Works using diving techniques are more efficient when done systematically following georeferenced transects. The efficiency of population control campaigns for these species can be measured by monitoring the evolution of captures (**figure 39**). Moreover, it is important to know the phenology of these species to optimize and synchronize efforts with peaks in the presence of individuals (**figure 40**). For this purpose, population density monitoring programs are implemented by periodic sampling or by towed video surveys (Parada, 2023b). In the case of oothecae removal, since the spawning and incubation period is very short, campaigns are more efficient when large numbers of people are involved in their collection to speed up the work before the oothecae hatch.

When controlling predator populations, it is necessary to take into account their role in trophic networks. Many predators are also facultative scavengers, thereby contributing to the removal of decomposing carcasses that could affect sediment conditions or disseminate diseases. These species prey on other species in addition to commercial bivalves; moreover, they are also part of the diet of other predators that also prey on bivalves. This is the case of common stingray *Dasyatis pastinaca* (L., 1758) and eagle ray *Myliobatis aquila* (Linnaeus, 1758), whose diet includes bivalves, epibenthic gastropods, and crabs, which, in turn, also prey on bivalves. Likewise, it is important to avoid removing non-predator species such as *Tritia reticulata* (L., 1758), a scavenger species often confused with predator *O. erinaceus* (**figure 41**).

#### 12.2.4. WASTE REMOVAL.

Removal of marine waste is either performed routinely during harvesting itself, within the framework of recommended good practices for shellfish harvesting activities, or during specifically designed campaigns. The latter are usually carried out by the same people who work in shellfish harvesting, although they can sometimes involve citizen collectives not involved in the sector. The work is done by diving in the subtidal zone and manually in the intertidal zone (**figure 42**). In the case of submarine works, waste search and removal must be performed systematically, using transects or quadrants. The collected items must be transported to specific authorized waste treatment facilities.

---

## 12.2.5. INTERVENTIONS ON TARGET POPULATIONS.

### *Seeding and relocation*

Shellfish ground restoration works mostly focus on adapting the habitat to increase production and diversity. Introduction of individuals of the target species is done once the habitat has been restored with three objectives: i) to speed up natural recruitment, ii) to promote the performance of conservation activities, and iii) in case individuals under the commercial size are seeded, to resume harvesting as soon as possible so that the associated substrate reworking prevents issues related to the lack of harvesting activity. The introduced individuals can be sourced from hatcheries or relocated from other natural grounds. Relocation itself can be a management goal for shellfish grounds. It aims to regulate density in recruitment areas where it can become excessive and use this excess stock to repopulate areas where natural recruitment is poor, even though growth may be optimal.

A series of precautions must be taken into account when seeding individuals. In addition to seeding density, which depends on different factors outside the scope of this document, one of the main causes of failure in seeding projects is related to seeded individuals being washed away by wave action or by hydrodynamics before they can burrow into the sediment. To prevent this, the substrate is reworked before seeding. Reworking promotes and speeds up burrowing of the individuals. In the intertidal zone, burial can be forced by raking the sediment (**figure 43**). Although horizontal netting can be installed to protect the seed, their use requires intensive monitoring, since they tend to lead to the accumulation of fine sediments and organic matter, thus deteriorating sediment conditions and likely compromising seed survival. In turn, in the subtidal zone, reworking usually attracts predators to the seeded area. A measure that has shown good results against this issue is to surround the area with ranks of fishing traps once the sediment has been reworked and replacing them daily for three or four days after seeding (**figure 44**).

### *Exploitation management*

In many cases, loss of production of a shellfish ground is not exclusively related to the habitat's environmental conditions. If the values of the different variables are within the optimal ranges according to the preference curves of the habitat suitability index (**figure 26**), the loss of production is likely to be related to some issue regarding the implementation of exploitation management measures. Other possible measures notwithstanding, there are three basic management tools that directly impact the maintenance of populations under harvesting pressure: minimum sizes, catch quotas, and closed seasons. If any of these measures are not correctly implemented or complied with, the population's capacity for self-renewal will be affected. For example, although loss of production is generally caused by several variables, sustained harvesting of a high proportion of individuals below the legal size may hinder the reproductive potential of a natural ground due to the aforementioned relationship between number and size of reproductive individuals and number of eggs and subsequent recruits to the population (**figure 45**). Much like the lack of a suitable habitat, the lack of an adequate reproductive potential also prevents the restoration of a shellfish ground's production and diversity.

---

## 12.3. Ecosystem-based approach.

### 12.3.1. THE COMPONENTS OF AN ECOSYSTEM-BASED APPROACH.

The implementation of an ecosystem-based approach to shellfish harvesting involves addressing its management from a holistic perspective. Within the framework of shellfish harvesting in Galicia, the activities aimed at conserving and restoring habitats and production are addressed from an ecosystem perspective, as they consider four aspects:

- They promote adequate land use.
- They may contribute to mitigation or adaptation to climate change.
- They improve biodiversity.
- They fall within the definition of green infrastructure (or blue infrastructure in the case of aquatic environments).

Likewise, they are in line with the concept of green infrastructure, as they:

- promote or maintain ecosystem services,
- implement ecological restoration,
- Improve connectivity.

#### *Promotion of adequate land use*

These activities and projects promote adequate land use if they take into account the different uses of the area for economic, recreational, conservation, or other purposes. Thus, a project is considered to promote adequate land use if it maintains the spatial distribution of uses established within the last decades.

#### *Contribution to mitigation or adaptation to climate change*

Shellfish ground restoration activities are considered to take into account the causes for climate change if they include aspects such as energy consumption efficiency in their objectives or in their execution, or if they pay attention to carbon fixation in sediments, e.g. through the conservation of seagrass meadows within their current boundaries.

#### *Improvement of biodiversity*

Biodiversity can be defined as the variety of all forms of life, including the ecosystems to which they belong. Thus, it includes three components: genetic diversity, species diversity, and ecosystem diversity (and, by extension, habitat diversity). Habitat conservation and restoration activities in shellfish grounds improve biodiversity when they improve any of its components. Therefore, they improve species diversity if they promote an increase in species richness and in their evenness or similarity in terms of abundance. Likewise, they contribute to ecosystem diversity when they maintain the existing habitat diversity from recent decades.

---

### *Blue infrastructure*

The concept of blue infrastructure is the application of the notion of green infrastructure to aquatic environments. This concept is defined as a strategically planned network of high-quality natural and semi-natural areas with other environmental features, designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services, while also enhancing biodiversity across rural and urban areas (European Commission, 2013). Commonly performed tasks aimed at habitat conservation and restoration projects with a similar purpose are in line with the concept of blue infrastructure to the extent that they apply, maintain, or improve any or all of the components of the three main pillars that define it:

- implementing ecological restoration,
- improving connectivity,
- promoting or maintaining ecosystem services.

#### **12.3.2. COMPONENTS OF BLUE INFRASTRUCTURE.**

### *Ecological restoration*

Ecological restoration consists in restoring ecosystems that have been degraded, damaged, or destroyed, following two premises:

- The intervention must integrate synergies with the socio-economic environment and with the demand for ecosystem services.
- The intervention must involve the users of the restored area.

The involvement of users does not necessarily imply their direct participation in the intervention, but they need to be involved in the demand for the project, providing their feedback and contributing to achieving and maintaining the pursued goals.

Shellfish harvesting, as a traditional use, defines the landscape of the rias and the marine substrate. The increasing demographic pressure and erosion processes on the coastline lead to greater mud accumulation and organic contents in sediments. As described above, in the absence of shellfish harvesting activities, the natural spatial succession of sediments and benthic communities in the sea bottom is altered. Any intervention on a marine substrate degraded by phenomena related to sedimentation or increases in organic matter aiming to restore its conditions in areas traditionally used as shellfish grounds cannot achieve long-lasting results if it is not followed by the reinstatement of harvesting and associated substrate reworking activities.

---

### Ecological connectivity

Ecological connectivity is defined as the degree to which the landscape enables or hinders the movement of species across habitat fragments. Ecological permeability refers to an area's capacity to allow for the connectivity of the different species of wild fauna and flora that inhabit the area. In the marine environment, where most species have larval stages with high or moderate dispersion rates, environmental restoration or conservation projects will not generally affect connectivity as long as they do not involve the fragmentation or reduction in the distribution of species whose presence itself constitutes a habitat. This is the case of seagrass, *Lanice conchilega* aggregates, or maërl beds, excluding those areas where they have recently expanded and are competing with pre-existing habitats. Thus, with the aforementioned exceptions, most benthic species have a larval stage and constitute metapopulations in which connectivity is not strictly linked to the physical continuity of biotopes, as long as the hydrodynamic circulation regime is not affected.

### Ecosystem services

Ecosystem services encompass all the direct and indirect contributions of ecosystems to human wellbeing. Direct ecosystem services are known as final services, while indirect ones are referred to as intermediate ecosystem services. They are classified into three general groups: provisioning services, regulating and maintenance services, and cultural services.

There are many ecosystem services linked to the coastal marine environment. A complete list can be viewed in the European Environment Agency's Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (<http://cices.eu/>). In the context of environmental conservation activities and restoration projects related to shellfish harvesting, a series of services more closely related to them have been described. These activities contribute to maintaining ecosystem services to the extent that they contribute to one or more of the involved services.

#### **12.3.3. ECOSYSTEM SERVICES INVOLVED.**

##### Provisioning ecosystem services

They include ecosystem functions involved in the provision of food and other supplies. Within the framework of shellfish harvesting, they can be classified into two groups: nutrition services, related to the provision of food, and material supply services, which provide non-exclusively food-related materials.

Ecosystem services in areas that allow for shellfish harvesting provide food based on:

- Wild harvested seaweed and their products.
- Wild harvested animals and their products.
- *In-situ* farmed seaweed and their products.
- *In-situ* farmed animals and their products.

---

Material provisioning services, in the case of shellfish harvesting, could be related to the extraction of fibres and other materials from seaweeds or animals for direct or processed use as materials in the cosmetic and pharmaceutical industries. Likewise, they provide materials for agricultural use, such as fertilizers, soil structure amendments, and other interventions on soil characteristics. An example of these cases is the provision of seaweeds as agricultural fertilizers from the removal of accumulations of Ulvaceae or the use of valves discarded by shellfish processing plants.

#### *Regulation and maintenance ecosystem services*

These services are related to the maintenance of life cycles, pest and disease control, sediment quality, water quality, cycling of matter, nutrients, and waste by biota or ecosystem functions, etc.

Among the services related to the processing of waste, toxic compounds, and other pollutants, they can be divided into those provided by biota and those achieved at the ecosystem level. The former includes services achieved through filtration, uptake, decomposition, accumulation, metabolization, etc. by living organisms. Habitat conservation activities and projects on shellfish grounds contribute to these services to the extent to which they increase or maintain species diversity. The latter group includes the services provided by biophysicochemical processes: chemical sequestration, redox processes, insolubilization, sedimentation, precipitation, etc. by the ecosystem. In this case, maintenance of the qualities of the habitat and ecosystem in which shellfish harvesting takes place will contribute to maintaining these services inasmuch as they increase structural complexity of sediments to promote the settlement of complex communities and the diversity of trophic groups. Coarse sediments with interstitial spaces promote oxidization of organic matter.

Services related to processing the flow of materials are maintained by those projects related to stabilization and control of erosion and sedimentation processes. Shellfish harvesting-related habitat conservation and restoration tasks can maintain these services to the extent to which they contribute to reducing erosion or mitigating the effects of sedimentation by mobilizing fine sediments. In turn, services related to processing the flow of liquids refer to the maintenance of the water cycle, flood control, maintenance of bathymetry and freshwater flow into the sea, etc. Habitat conservation and restoration works related to the bathymetry of shellfish grounds and maintenance of outflow channels in estuaries contribute to this type of services.

Within the group of regulation and maintenance services, those related to physical, chemical, and biological conditions within the context of the shellfish harvesting activity include:

- Maintenance of life cycles, habitats, and genetic pools.
- Control of diseases and invasive species.
- Maintenance of sediment structure and conditions.

---

In the first case, habitat restoration projects and routine conservation activities contribute to larval settlement and growth of benthic organisms, therefore being beneficial to these services by way of maintaining the habitats in suitable conditions. These tasks also contribute to control diseases and regulate the expansion of invasive species when focused on the control of allochthonous species while keeping strict scavengers within the environment. Likewise, most habitat conservation projects and shellfish ground restoration tasks aim to restore or maintain biogeochemical conditions in the sediment: granulometry, redox profile, structure, organic matter content, etc.

Water quality regulation and maintenance services encompass from physicochemical conditions to atmospheric composition and climate regulation. The former refers to the maintenance or regulation of chemical composition of seawater and sediments to ensure favourable living conditions for biota. The shellfish harvesting activity directly depends on water quality, which requires continuous surveillance of waste discharges and of sediment and water characteristics. In turn, conservation projects and tasks related to the removal of organic matter, such as removal of seaweed accumulations or mobilization of deposited mud, contribute to maintaining this service to the extent that they regulate the release of greenhouse gases.

#### *Cultural ecosystem services*

These ecosystem services are related to the idiosyncrasy, employment, and symbols of a population. They include physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, landscapes, and the environment. This group comprises, on one hand, interactions with plants, animals, and landscapes, included in those projects that focus on environmental perception and interpretation; and on the other, their scientific, educational, traditional, and cultural uses. These services are particularly linked to restoration projects or other activities that include monitoring of task results and collaboration in scientific studies or the engagement of the civil society beyond the people involved in the shellfish harvesting activity itself. This group also includes symbolic, spiritual, or other interactions with biota and ecosystems. These services are provided both by routine activities and by restoration projects that promote shellfish harvesting as a cultural and economic symbol in the Galician coast, without detriment to other activities previously developed in the area.

---

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### REFERENCES

Alonso, J.L., Sanz, C., Loureiro, M., Lago, J., Carballal, M.J., Cerviño, A., Otero, J., Fariña, J.A., Arnaiz, R., Coa, A., García, A., Linares, F., López, M.C., Otero, J.R., Pereira, J.R., 1985. *Estudio de las posibles causas de mortalidad de moluscos bivalvos en la desembocadura del Río Ulla (Ría de Arosa)*. Informe inédito. Centro experimental de Vilaxoán. Conselleria de Agricultura, Pesca e Alimentación. 127 pp.

Bouma, T.; Olenin, S.; Reise, K.; Ysebaert, T. 2009. Ecosystem engineering and biodiversity in coastal sediments: posing hypotheses. *Helgol. Mar. Res.*, 63: 95–106.

Brousseau, D. 1978. Spawning cycle, fecundity, and recruitment in a population of soft-shell clam, *Mya arenaria*, from Cape Ann, Massachusetts. *Fish. Bull.*, 76.

Brumbaugh, R.D.; Beck, M.W.; Coen, L.D.; Craig, L.; Hicks, P. 2006. *A Practitioners' Guide to the Design and Monitoring of Shellfish Restoration Projects: An Ecosystem Services Approach*. The Nature Conservancy, Arlington, VA. 28 pp.

Caddy, J.F.; Defeo, O.; Nations, F.; A. O. of the U. 2003. *Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources*. FAO. 186 pp.

Castro Vázquez, M.; Escariz Pérez, B.; Iturralde de la Fuente, M.V.; Lago Cordo, S.; Lamas Ferreiro, M.L.; et al. 2002. Producción Marisque a pé. En Dirección Xeral de Innovación e Desenvolvemento Pesqueiro. Xunta de Galicia (Ed.) *Manual de formación para o marisqueo*. 3: 1-32. <https://mar.xunta.gal/gl/informacion/publicacions/manual-formacion-marisqueo>.

Cerviño, A.; Alonso Fernández de Landa, J.L.; Landín, A. 1982. Estudio del sedimento de la desembocadura del río Lérez (Pontevedra) y delimitación del banco natural de moluscos que se asienta sobre él. En: Ros, J.; Niell, F.X. (Eds.). *Actas del III Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino (II)*. *Oecologia aquatica*, 6: 65-86.

Diaz, R.J.; Cutter, G.R.; Rhoads, D.C. 1994. The importance of bioturbation to continental slope sediment structure and benthic processes off Cape Hatteras, North Carolina. *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.*, 41: 719–734.

European Commission. 2013. *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa*. COM(2013) 249 final.

---

Fenchel, T.M.; Riedl, R.J. 1970. The sulphide system: a new biotic community underneath the oxidized layer of marine sand bottoms. *Mar. Biol.*, 7: 255-268.

Fernández Cortés, F., Romarís Pais, X., Cerviño Eiroa, A., and Pazó, P. 1979. Estado inicial de la población de bivalvos en la zona recuperada de 'O Cebal do Medio'. Ensenada de San Simón (Ría de Vigo), Sep. 1977. Cuadernos Marisqueros. Publicación Técnica del Plan de Explotación Marisquera de Galicia, 2: 30 pp.

Figueras, F.G.; Niell, F.X. 1986. Visibilidad del disco de Secchi, clorofila a y materia orgánica particulada en la ría de Pontevedra (NO de España). *Inv. Pesq.*, 50(40): 607-637.

García Fernandez, A. 1986. Comunidades asociadas a bancos naturais de *Cerastoderma edule* L., na ría de Arousa. Memoria de licenciatura. Universidade de Santiago de Compostela. 90 pp.

García Martín, O., Espinisa, J., Álvarez Fariña, P., Hernández Córdoba, G. A., Maneiro Moreira, I., and Carril Villar, R. 2007. *Fijación de bases científicas para establecer la talla mínima de marisqueo en almejas, berberecho y coquina*. Informe final. Instituto de Acuicultura. Universidade de Santiago de Compostela. 69 pp.

Gómez, M.; Barreiro, F.; Lopez, J.; Lastra, M. 2021. Evaluation of phenolic content of wrack debris on estuarine beaches: The effect on upper beach macrofauna. *Marine Ecology*. 2021;00:e12692.

Gray, J.S. 1981. *The ecology of marine sediments*. Cambridge University Press. Cambridge. 185 pp.

Gutiérrez-Barral, A.; Teira, E.; Díaz-Alonso, A.; Justel-Díez, M.; Kaal, J.; Fernández, E. 2024. Impact of wildfire ash on bacterioplankton abundance and community composition in a coastal embayment (Ría de Vigo, NW Spain). *Marine Environmental Research*, 194: 106317.

Hylleberg, J.; Henriksen, K. 1980. The central role of bioturbation in sediment mineralization and element re-cycling. *Ophelia*, 1: 1-16.

Jones, C.; Lawton, J.; Schachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373-386.

Kenny, A.J.; Sotheran, I. 2013. Characterising the physical properties of seabed habitats. En Eleftheriou, A. (Ed.) *Methods for the study of marine benthos*. John Wiley & Sons. UK. 477 pp.

McLusky, D.S. 1990. *The estuarine ecosystem*. Ed. Blackie and son. Glasgow and London. 215 pp.

Mejuto, J. 1984. Primeros datos sobre la dinámica de población de *Cerastoderma edule* (L.) de la ría do Pasaxe (NW de Galicia), estrategias de explotación. *Actas do IV Simpósio Ibérico de Estudos do Benthos Marinho*, 2: 83-102.

---

Mills, E.L., 1969. The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: A review. *J. Fish. Res. Board Can.*, 26(6): 1415-1428.

Mora, J. 1980. *Poblaciones bentónicas de la ría de Arosa*. Tesis doctoral, Univ. Santiago de Compostela. 335 pp.

Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell, West Sussex. UK. 419 pp.

Olalla, C. 1995. *Problemas geotécnicos y comportamiento dinámico de los fondos costeros arenosos*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid. 456 pp.

Parada, J.M. 2005. Cartografía biosedimentaria y comunidades bentónicas de los fondos blandos submareales de las Rías de Pontevedra y Aldán y la Ensenada de A Lanzada. PhD thesis. Universidad de Santiago de Compostela, Galicia, Spain. 563 pp.

Parada, J.M. 2023. *Asesoramento para a construción dun aparato de remoción hidráulica intermareal*. Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Informe técnico - biolóxico CIMA-RM2-INDICADORES22 23/09. 9 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10517619>

Parada, J.M. 2023b. Procedemento de avaliación de stocks de estrelas de mar mediante vídeo remolcado. Xunta de Galicia. Consellería do Mar. Informe técnico - biolóxico CIMA-RM2-INDICADORES22 23/10c. 11 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10517757>.

Parada, J.M. 2024. An inexpensive and lightweight dynamic cone penetrometer for the characterization of shallow submerged sediments. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.* 34: e4146. <https://doi.org/10.1002/aqc.4146>

Parada, J.; Molares, J. 2023. Effects of environmental variability on population dynamics of golden carpet shell clam (*Polititapes aureus*). *Academia Biology*, 2023: 1–10.

Pearson, T.H.; Stanley, S.O. 1979. Comparative measurement of the redox potential of marine sediments as a rapid means of assessing the effect of organic pollution. *Mar. Biol.*, 53: 371-379.

Petersen, C.G.J. 1914. Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea-bottom and their importance for marine zoogeography. *Rep. Dan. Boil. Stn.*, 21: 1-68.

Planas, M.; Rodríguez Rey, L.; Mora, J. 1984. Cartografía bentónica de la ensenada de Campelo (Ría de Pontevedra, NW de España). *Actas IV Simp. Ibér. Estud. Bentos Mar.*, 1: 159-170.

Reineck, H.E.; Singh, I.B. 1980. Physical parameters. In *Depositional sedimentary environments. With reference to terrigenous clastics*. 2nd rev. & upd., pp. 8–21. Springer-Verlag, Berlin.

---

Rey, J.; Alonso, M.; Bianchi, T.; Cal, R.M.; Santiago, M.; Díaz del Río, V.; Fernández, M.A.; García, C.; González,, M.G.; López-Jamar, E.; Miranda, A. y Rice, D. 1989. Características y resultados preliminares de la campaña Breogán 485 en la plataforma continental de Galicia. *Geología. Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 71: 1-37.

Rodríguez Moscoso, E.; Fernández Cortés, F.; Romarís, X. M.; Pazó, J. P. 1987. Valoración de una técnica de semicultivo: limpieza de algas clorofíceas en la ensenada de San simón. *Cuad. Marisq. Publ. Téc.* 12: 359-364.

Shumway, S.E.; Kraeuter (Eds). 2000. *Molluscan Shellfish Research and Management: Charting a Course for the Future: Final Proceedings from the Workshop*, Charleston, South Carolina. United States of America, Department of Commerce. 172 pp.

Silva, V.; Abrantes, N.; Costa, R.; Keizer, J.J.; Gonçalves, F.; Pereira, J. L. 2016. Effects of ash-loaded post-fire runoff on the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Ecological Engineering*, 90: 180–189.

Thorson, G. 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Mem. Geol. Soc. Amer.*, 67: 461-534.

Velde, B. 1996. Compaction trends of clay-rich deep sea sediments. *Marine Geology*, 133: 193–201.

Vilas, F.; Nombela, M.A.; García Gil. E.; García-Gil, S.; Alejo, I.; Rubio, B. y Pazos, O. 1995. *Cartografía de sedimentos submarinos. Ria de Vigo*. Ed. Xunta de Galicia, Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura. 40 pp.

Villalba García, A.; Ortega Iñarrea, M.; Abella Rey, E.; Iglesias Estepa, D. 2024. *Guía de procedimientos e recomendación para a recuperación de bancos marisqueiros assolados pola marteiliose*. Consellería do Mar, Xunta de Galicia. 62 pp.

Volkenborn, N.; Hedtkamp, S.I.C.; van Beusekom, J.E.E.; Reise, K. 2007. Effects of bioturbation and bioirrigation by lugworms (*Arenicola marina*) on physical and chemical sediment properties and implications for intertidal habitat succession. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74: 331–343.

Wiesebron, L.E.; Steiner, N.; Morys, C.; Ysebaert, T.; Bouma, T.J. 2021. Sediment bulk density effects on benthic macrofauna burrowing and bioturbation behavior. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://www.doi.org/10.3389/fmars.2021.707785>.





XUNTA  
DE GALICIA

CONSELLERÍA  
DO MAR



CIMA  
CENTRO DE  
INVESTIGACIONES  
MARINAS

