

Call: EMFF-BlueEconomy-2018. Type of Action: EMFF-AG



Demonstration of intensive shellfish farming in **OPEN** waters with resilient and affordable **MODuLEs**

Grant Agreement nº 863562

Coordinator: Research & Development Concretes

D6.3 – UHC rafts user guide



With the contribution of the European Maritime and Fisheries Fund of the European Union

Deliverable Title	UHC rafts user guide
Deliverable No.	6.3
Related WP	6. Communication, dissemination and Exploitation
Contractual date of Delivery	M12 (October 31 st , 2020)
Actual date of Delivery	M13 (November 18 th , 2020)
Deliverable Type	REPORT
Dissemination level	PUBLIC
Lead beneficiary	RDC
Contributing participants	-
Author(s)	Hugo Coll, Maria Dolores Iznardo, Cristina Maestre, Esteban Camacho
Checked and approved by	Esteban Camacho
Status	FINAL
Description in the GA	Guide based on the experience of the Spanish farmers, where the raft is the used system. The approach is the use of simple descriptions and photos for the procedures with several species. As this handbook will be given to the testers and farmers that attend to the trainings, this report (PDF and printed, 35 pages) will be in English, French, English, Croatian/Montenegrin.

Version History

Version	Status	Date	Contribution (Partner)	Summary of changes
V0.1	Draft	4 th , November 2020	Hugo Coll (RDC), Maria Dolores Iznardo (RDC)	Draft Version
V0.2	Draft	10 th , November 2020	Cristina Maestre (RDC)	Draft Version
V1.0	Final	25 th , November 2020	Esteban Camacho (RDC)	Final Version

Disclaimer/ Acknowledgment



Copyright ©, all rights reserved. This document or any part thereof may not be made public or disclosed, copied or otherwise reproduced or used in any form or by any means, without prior permission in writing from coordinator of the OpenMode project. Neither the OpenMode Consortium nor any of its members, officer, employees or agents shall be liable or responsible, in negligence or otherwise, for any loss, damage or expense whatever sustained by any person as a result of the use, in any manner or form, of any knowledge, information or data contained in this document, or due to any inaccuracy, omission or error therein contained.

All Intellectual Property Rights, know-how and information provided by and/or arising from this document, such as designs, documentation, as well as preparatory material in that regard, is and shall remain the exclusive property of the OpenMode Consortium and any of its members or its licensors. Nothing contained in this document shall give, or shall be construed as giving, any right, title, ownership, interest, license or any other right in or to any IP, know-how and information.

This project is implemented with the contribution of the European Maritime and Fisheries Fund of the European Union, and has received funding under grant agreement N° 863562. The information and views set out in this publication does not necessarily reflect the official opinion of the European Commission. Neither the European Union institutions and bodies nor any person acting on their behalf, may be held responsible for the use which may be made of the information contained therein.

Executive summary

The current document is the third deliverable of the Work Package 6 of the project OpenMode-863562. It is a guide to farm shellfish (mainly mussels and oysters) on the Formex® floating structures. The guide is oriented to users and potential clients of the structure which have not experience in intensive farming on floating elements.

The first part of the guide is focused in explaining the farming cycles of mussels and oysters. The second part of the guide has good practices using the structure, including environmental advised, practices to avoid the access of predators to the structure, and safety procedures to use the farm. At the end of the document there is an Annex where the each of the components of a Formex® floating structure is described.

The complete document is provided in English and Spanish, while there is a summarized guide in English, French and Croatian/Montenegrin.

Table of contents

1.	Introduction	10
1.1.	Scope of this document.....	10
1.2.	Audience.....	10
1.3.	Structure of the document.....	10
2.	Evolution of the rafts to the present day.....	11
3.	User guide	14
3.1.	Scope of the user guide.....	14
3.2.	Scope of the use of the rafts	14
3.3.	Species that can be harvested	15
3.4.	Mussel harvesting process	16
3.4.1.	Tubing.....	19
3.4.2.	Pre-growing.....	20
3.4.3.	Unfolding.....	20
3.4.4.	Growing	22
3.4.5.	Harvest	24
3.4.6.	Depuration and commercialization (fresh)	24
3.4.7.	Sterilization and commercialization (processed)	24
3.4.8.	Equipment to harvest mussels	24
3.5.	Oyster harvesting process.....	25
3.5.1.	Pre-growing	26
3.5.2.	Growing	28
3.5.3.	Harvesting	29
3.5.4.	Depuration and commercialization.....	30
3.6.	Good practices in the use of floating structures	30
3.6.1.	Good environmental practices.....	30
3.6.2.	Harvest protection	33
3.6.3.	Health and Safety in the use of the raft	34
4.	References.....	37
	Annex I. Parts of a raft.....	38

Floater.....	38
Primary beams	41
Secondary beams	42
Tie beams	43
Joists.....	43
Mooring beam.....	45
Moorings	46

List of figures

<i>Figure 1. GANTT chart of the four tasks of WP6 of the project OpenMode.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2. Different typologies of raft during the history. The numbers correspond to their description in the previous page</i>	<i>13</i>
<i>Figure 3. Formex® Mixta raft with geometry 20x27 m and 6 cylindrical floaters.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 4. Rope with sticks (left). Example of “rabiza” (right)</i>	<i>15</i>
<i>Figure 5. Pumping baskets/Bags supported on the terrain in an intertidal area.....</i>	<i>15</i>
<i>Figure 6. Lanterns for the pre-growing of clams and oysters</i>	<i>16</i>
<i>Figure 7. Mussel-growing cycle with unfolding. Compilation based on photography's from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaictech SL</i>	<i>17</i>
<i>Figure 8. Mussel-growing cycle without unfolding. Compilation based on photography's from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaictech SL.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 9. Mussel spat from rocks</i>	<i>18</i>
<i>Figure 10. Mussel spat in a collector rope (figure obtained from Ipac Acuicultura).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 11. Harvesting rope with sticks. Recinet Salnés SL.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 12. Manual tubing. Obtained from Ramón Franco</i>	<i>20</i>
<i>Figure 13. Pre-growing in a Formex® raft in Valencia. In this step of the growing cycle it is especially relevant to protect the harvest with a net in the areas where the spat is scarce or absent in the natural environment</i>	<i>20</i>
<i>Figure 14. Proccess of brushing a collector rope</i>	<i>21</i>
<i>Figure 15. Separation of the mussel from the rope and parts of a sheller.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 16. Left: Net for the unfolding. Right: Classifier table</i>	<i>22</i>
<i>Figure 17. Stringing machine (the photo of the right is from Antonio Figueras, from CSIC).....</i>	<i>22</i>
<i>Figure 18. Formex® raft with mussel ropes hanging during the growing phase.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 19. Rope just after starting the growing process (left). Most used type of knot, named “as de guía” (right). For more information regarding knots, please see Deliverable 5.1</i>	<i>23</i>
<i>Figure 20. Bagged production after landing in the port.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 21. Left Sheller-classifier from the company Talleres Alfredo SL. Right: Basket with sheller.</i>	<i>25</i>
<i>Figure 22. Left: Selector table with vibrator from the company Taller Dios (Illa de Arousa). Right: Unfolding machine with two hydraulic engines. Taller Dios (Illa de Arousa).....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 23. Lifecycle of the ostrea edulis [1]</i>	<i>26</i>
<i>Figure 24. Most common scheme of the flat oyster farming [2].....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 25. From left to right: Hatcheries of forced flow circulation, Flupsy system and pre-growing baskets</i>	<i>27</i>
<i>Figure 26. Left: Fouling in the oyster baskets. Right: Green urchins in the baskets for the biological control of the fouling</i>	<i>27</i>
<i>Figure 27. Left: Lanterns for the pre-growth of the oyster (Oceanvision). Right: Cementing of the oyster to the rope (web www.valenciaplaza.com).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 28. Table for oyster cementing and rope with cemented oyster</i>	<i>28</i>

<i>Figure 29. Oyster harvesting in a Formex® Oyster raft and oyster farming on a fixed structure</i>	29
<i>Figure 30. Two types of knots used to tie the rope to the joist in a Formex®Mixta raft. For more information regarding knots, see Deliverable 5.1.....</i>	29
<i>Figure 31. Left: Plastic waste in the Formex® raft after screwing the connection and before their collection. Right: Timber ends collected after assembling the joists.....</i>	30
<i>Figure 32. Left: Primary beam in a Formex® raft. Right: Wooden beams protected with paint.....</i>	31
<i>Figure 33. Left: Floater with fouling in its surface. Right: Joist with a significant crack along its axis, generated by the screw</i>	31
<i>Figure 34. Left: Abandoned raft in a beach (Galicia). Right: Rafts stranded in Algeciras (www.europasur.es).....</i>	32
<i>Figure 35. Residues after an improper decommissioning of an old raft</i>	32
<i>Figure 36. Tube floater and wood pending to be sent to a waste manager (left). Raft pending to be decommissioned (right).....</i>	33
<i>Figure 37. Protection net in a Formex® Oyster raft.....</i>	34
<i>Figure 38. Left: Extension of the joist to maximize the harvesting area with the net installed. Right: Detail of the knot to sustain the net in a joist in a Formex®Mixta raft.....</i>	34
<i>Figure 39. Connection between a primary and secondary Formex® beams with different Surface finishing.....</i>	35
<i>Figure 40. "Verdín" in wooden beams (left) and in Formex® beams (right)</i>	35
<i>Figure 41. Salt precipitation between two Formex® beams (left) and humid wooden joists due to the impact of the waves (right)</i>	36
<i>Figure 42. Most used walking style on the raft, stepping on two adjacent lines of joists. The arms are partially opened to have more equilibrium.....</i>	36
<i>Figure 43. Steel floaters during the raft assembling (left) and floater during its construction (right)</i>	38
<i>Figure 44. Connection between the floater and a primary beam of a Formex® raft</i>	39
<i>Figure 45. Example of the typical distribution of a raft and its assembling (Formex®Mixta)</i>	39
<i>Figure 46. Scheme of the raft with the primary beams perpendicular to the axis of the floaters</i>	40
<i>Figure 47. Scheme of a bow raft</i>	40
<i>Figure 48. Assembling of the primary beams in a Formex®Mixta raft.....</i>	41
<i>Figure 49. Image of the connection between a primary and a secondary beam in a Formex®Mixta raft and in a grid of a wooden beam.....</i>	42
<i>Figure 50. Allocation of a secondary beam on the primary beams.....</i>	42
<i>Figure 51. Consecutive connections of the secondary Formex® beams along a primary Formex® beam</i>	43
<i>Figure 52. Tie beam in a wooden raft. Figure 51 shows a tie beam in a Formex® raft.....</i>	43
<i>Figure 53. Connection of joists on a secondary beam.....</i>	44
<i>Figure 54. Connection of the joists doing a bevel in a Formex®Mixta raft.....</i>	44
<i>Figure 55. Formex®Mixta raft after the installation of the joists</i>	45
<i>Figure 56. Mooring in a wooden grid</i>	45
<i>Figure 57. Formex® mooring beam</i>	46

<i>Figure 58. Scheme of the mooring system for a depth of 35 m and strong wave actions</i>	46
<i>Figure 59. Images of concrete anchors</i>	47
<i>Figure 60. Shackle chain and example of the necklace of a nylon rope in a Formex®Mixta raft.....</i>	47
<i>Figure 61. From left to right: links, shackles and swivels</i>	48

List of acronyms, abbreviations, and definitions

Abbreviations	Meaning
B2B	Business-to-Business
BG	Blue Growth
BV	Baseline Value
DXX	Deliverable number XX
EASME	Executive Agency for SMEs
EC	European Commission
EMFF	European Maritime and Fishery Fund
EU	European Union
GDPR	EU General Data Protection Regulation
H2020	Horizon 2020
In	Indicator
KPI	Key Performance Indicator
MS	Milestone
MXX	Month XX
PREFFOR	Prefabricados Formex SL
R&D	Research and Development
RDC	Research & Development Concretes SL
SME	Small and Medium enterprise
SO	Specific Objective
UHC	Ultra High-Performance Fiber-Reinforced Concrete
WP	Work Package

1. Introduction

1.1. Scope of this document

The current document is the third deliverable of the Work Package 6 of the project OpenMode-863562. It is a guide to farm shellfish (mainly mussels and oysters) on the Formex® floating structures. The guide is oriented to users and potential clients of the structure which have not experience in intensive farming on floating elements.

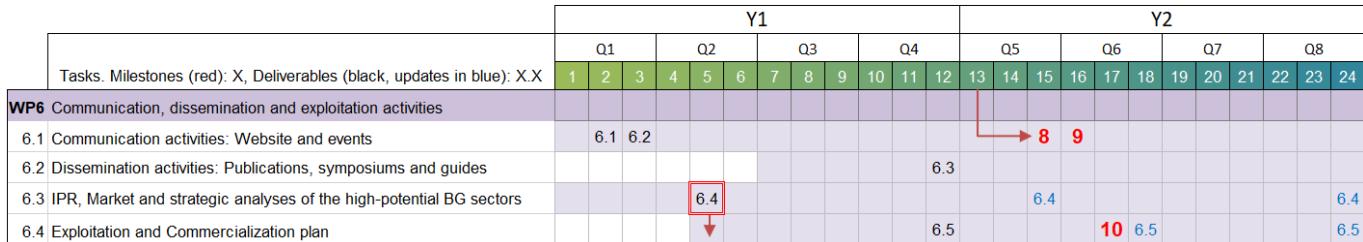


Figure 1. GANTT chart of the four tasks of WP6 of the project OpenMode

The first part of the guide is focused in explaining the farming cycles of mussels and oysters. The second part of the guide has good practices using the structure, including environmental advised, practices to avoid the access of predators to the structure, and safety procedures to use the farm. At the end of the document there is an Annex where the each of the components of a Formex® floating structure is described.

The complete document is provided in English and Spanish, while there is a summarized guide in Croatian/Montenegrin and in French.

1.2. Audience

The intended audience for this Deliverable is:

- The potential farmers and users of the Formex® floating structures.
- The employees of the companies that are participating in this project (RDC and PREFFOR), as they need to interact with the potential farmers and to promote the penetration of Formex® farms in the market.
- The European Commission, as funding institution of this project.

1.3. Structure of the document

The deliverable 6.3 is divided in three main blocks:

1. Evolution of the rafts to the present day.
2. User Guide
 - a. Harvest of mussels
 - b. Harvest of oysters
3. Good practices in the use of rafts

Annex: Elements of a Formex® raft

The summarized version in Croatian/Montenegrin and French embraces points 2 and 3.

2. Evolution of the rafts to the present day

As Jose Daniel Beaz explains in his document “Engineering of Marine Aquaculture (CSIC)”, the shellfish farming, understood as harvesting any type of edible mollusc, is known since centuries before the advent of Christ. The first references are found in China and the Roman Empire. In the last it was found that salty water-resistant sticks were used to facilitate the setting of the oyster spats, and for their former growing and harvest with different systems.

These farming procedures have developed through the history, mainly motivated by the depletion of the natural resources caused by an uncontrolled overexploitation. At the beginning of the century XX a work was developed to recover the potential to harvest oysters. It was focused in:

- Studying and understanding the processes to grow the oysters
- Searching for protected areas to install the harvesting systems
- Analysing the marine biology to understand the currents that bring the oyster seed and that maximize the growing rates.

The progresses were the foundings of the current oyster farming techniques, which are based in: Obtaining the oyster spat in hatcheries for their former growing in other systems.

There is also an evolution in the mussel farming methods. The first experiences harvesting in intensive systems are attributed to the coincidence: A system to hunt birds formed by a net with vertical sticks (named Allouret in France) was partially sunken in seawater and it was appreciated that it was rapidly covered by mussels, which grew faster there than in the rocks.

All this motivated the proliferation of harvesting areas based in structures over sticks that were nailed to the seabed, and with hanging ropes which were partially sunken.

The first evolution towards the raft system was observed in Catalonia (Spain) at the beginning of century XX, and it extended rapidly to other Mediterranean ports. In the twenties of this century there were in Spain approximately 156 rafts (119 in Barcelona, 21 in Tarragona and 16 in Valencia). The production in that decade reached 2.700 yearly tonnes. Unfortunately, the production did not last much longer due to the difficulty of obtaining mussel spats, as the expansion of the port infrastructures worsened the water qualities.

The first experiences with mussel farms in Galicia took place in the forties of century XX in Arousa Estuary, where there were several attempts before to harvest mussels in sticks fixed to the sand in Vilagarcía port. The reduced performance of this system brought the fishers to test the Mediterranean system based in a floating structure to increase the harvesting area. This removed the limitation of the reduced depth to install the sticks and reaching stronger currents to reach higher growing ratings.

The extraordinary results obtained in the first experiences in Galicia proved that the Rias Baixas region was very adequate for the intensive farming procedure developed with rafts in the Mediterranean.

In 1945 the first rafts were moored in the Arousa estuary. They had a single cubic floater made of wood to sustain the wooden structure from where the ropes were hanging. The next year 10 more farms were installed next to Vilagarcía de Arousa port.

From that period, shellfish farming in Galicia experienced an exponential growth and the mussel intensive farming was extended to the other Galicia estuaries, reaching a yearly production of 200.000 ton/year in the seventies and becoming the first world producer.

The evolution in geometry and material of the rafts was caused mainly due to the experience of the farmers, which have been involved during years in the harvesting of the mussels and thus, in the optimization of the procedure. Some of the examples of the changes suffered by the rafts during the years can be found in "Aquaculture notes 8: Mussel farming. CSIC". The images of each type of raft are found in figure 2 with its corresponding number):

- ① Hulls of old boats modified. This system is disused. The boat hulls were covered with cement to protect their wood and the wooden frame to hang the ropes was assembled to the top of the hull. There are also evolutions on catamarans.
- ② Rafts with a central floater. The floater was a wooden box with approximate dimensions of 12 x 5 x 1.75 m and it was recovered by cement. Its use was significantly extended.
- ③ Rafts with rectangular floaters. The floaters had generally six wooden boxes covered with cement.
- ④ Rafts with cylindrical floaters. The floaters were made of steel, and after several years they incorporated a **glass fiber reinforced polyester** layer to avoid corrosion. These rafts contain generally four or six floaters, being the last number the most common. The geometry of the basis of the cylinders is conical.
- ⑤ Raft using vertical tubes as floaters. The tanks worked as ballast to modify the buoyancy of the structure and protect it from the storms. They resulted to be not very operational, so the solution did not penetrate in the market.
- ⑥ Raft using horizontal tubes as floaters. This solution has four to six polyester tubes along the complete short side of the raft. The properties of polyester, light and resistant to corrosion, raised significant hope in the market, but this solution did not penetrate significantly the market because they are expensive and the raft is very stiff, suffering significant losses of harvest when a storm arrives due to the pulling of the ropes.

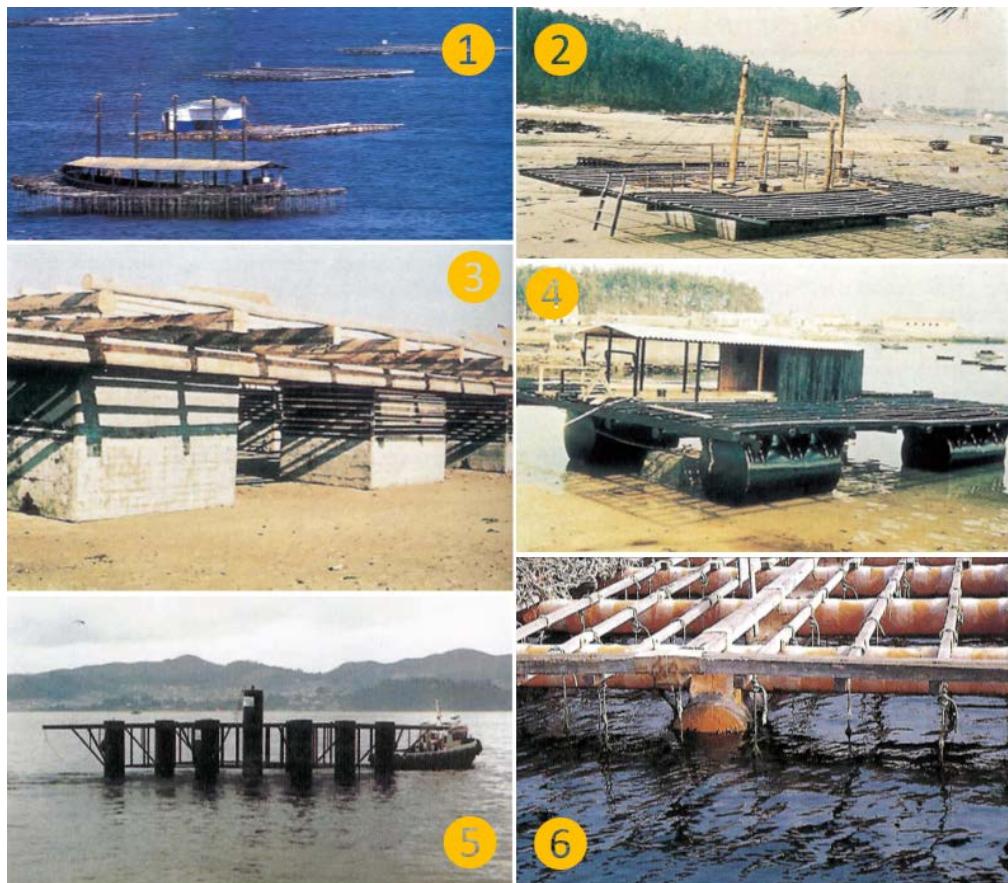


Figure 2. Different typologies of raft during the history. The numbers correspond to their description in the previous page

After decades of changes and testing, the design that is most extended is the one that provided higher production rates and better ratio cost/lifespan, which is the raft with floating cylinders. The most used raft is the known as “batea gallega”, which has 6 cylindrical steel floaters and a geometry of 20x27 m. It is the most intensive system known in the world.



Figure 3. Formex® Mixta raft with geometry 20x27 m and 6 cylindrical floaters

This floating system, the raft, is the most versatile solution for intensive farming, if the conditions allow it. There currently several variations in the rafts, where the number of beams, moorings, distance between joists or number or ropes, can change. The changes are mainly due to the maritime conditions, seabed depth, type of currents and type of shellfish farmed.

3. User guide

3.1. Scope of the user guide

This Farming Guide is elaborated to support the farmers in the use of the Formex® rafts, whatever is their geometry and features. Almost all the procedures can be also applied to the traditional wooden farm.

The guide covers the use of the raft to harvest different species, their different farming steps and different raft configurations. The information regarding health and safety is completed with the detailed information provided at Deliverable 5.1, which is also public and is named *Maritime and Operational safety Guide*.

3.2. Scope of the use of the rafts

The raft farming system is intensive. It is based in the allocation of ropes for the harvest of the spat and juveniles on a floating frame. The system allows to access to a significant level of nutrients for any type shellfish because the raft can be allocated in key areas protected from the environmental conditions and with high concentration of nutrients.

Except in the areas that are remarkably close to the coast, the ropes have 12 m of length. This implies that they need the capacity to harvest up to 300 kg of weight and with certain elasticity to absorb part of the pull caused by the waves on the raft, as this can pull up part of the production. Besides of the mechanical performance required, it is needed that the mussel gets attached to the rope. This is done naturally by the mussel with its byssus, and it is done artificially with the oysters using cement.

Considering this and the good ratio between cost and durability, in most of the cases a nylon net is used. In many cases it includes crossing sticks to facilitate the initial adhesion of the mussels to it.

The part of rope that is never submerged is named “rabiza” and a different material can be used to form it, despite that typically nylon is used. The change in the rope, which has a smaller diameter, is due to the difficulty of tying a thick rope to the joist. The “rabiza” must facilitate a fast and firm knot to the joist, which should be also easy to unknot.

The ropes are submitted to a significant load in their upper part and to a minimum weight in their bottom part, so it is tied to the raft in U shape when it losses elasticity due to the surplus of enlargement.

The wear of the “rabizas” or the sticks is also a critical factor in the ropes, so they should be inspected when they are clean, repairing or replacing those that have defects.



Figure 4. Rope with sticks (left). Example of “rabiza” (right)

3.3. Species that can be harvested

The raft is an optimized system for the main shellfish type farmed in Spain: The **mussel**. Thus, all the harvesting processes can be performed on it: From the spat collection to the harvest of the adult mussels. In the next subsections it will be shown the process to grow this type of shellfish.

In the case of the **oysters and clams**, the first stages of these harvest at industrial level are performed in hatcheries, which are generally installed inland. After these steps, each of these molluscs are installed in bags or boxes for the pre-growing and growing. This stage is generally done in the sea for economic reasons.



Figure 5. Pumping baskets/Bags supported on the terrain in an intertidal area

In the case of the **oysters**, as it will be detailed afterwards, sometimes the pregrowing and growing can be done in the raft, removing part of the procedures that are done in the hatcheries, and being thus more efficient.

In the case of the **clam**, after a first farming process in the sea, they are generally placed in baskets that are hanging in ropes (lanterns, “internas” in Spanish). During this stage the clams grow from 1.5-3 mm to a minimum of 10 mm.



Figure 6. Lanterns for the pre-growing of clams and oysters

The final growth of the clams (from 10 mm to the commercial size) should be done on the beach, as it has been appreciated that in the baskets the absence of friction that the sand causes makes them become more round-shaped, having shapes more similar to a cockle.

Finally, the pectinidae (scallops, queen scallops...) can also be harvested in rafts. For their pre-growing and growing the process does not differ from the process of the oyster, but the spat collection is done through natural procedures instead of through hatcheries.

3.4. *Mussel harvesting process*

The complete cycle of mussel farming in raft or intensive floating structure is shown at figures 7 and 8. Both options are valid, and their suitability depends on the characteristics of each area, shellfish demanded in the region and business model desired by the farmer.

Cycle with unfolding (≈ 18 months)

In this process there are two stringing processes: After the first there are 4 to 6 months to let the spat become a juvenile. After this, each rope is unfolded in 2 or 3, so they have more space to continue growing for 10 to 12 months more. The complete process can last approximately 18 months, but this can vary depending on the desired commercial size and the growing rates of each region.



Figure 7. Mussel-growing cycle with unfolding. Compilation based on photography's from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaiotech SL

Cycle without unfolding (≈ 9 months)

This process is generally done collecting the spat with the rope collector. The difference with the long cycle explained previously is that the mussel is harvested for commercialization without previous unfolding. This reduces the duration of the complete cycle to almost half, but less harvest is obtained from each kilogram of spat used in the beginning, and the size of the final product is generally smaller, so the price per kilogram is also more reduced.



Figure 8. Mussel-growing cycle without unfolding. Compilation based on photography's from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaitech SL

A particular feature for an efficient mussel farming in a maritime area is the capacity to find the required amount of spat (seed with size between 1 and 2 cm). This factor is very relevant to select potential areas to harvest mussels.

There are two different processes to obtain the seed: The collection the rocks (wild mussel) and the use of rope collectors. In the case that in certain farming areas the amount of seeds is reduced or they grow slowly, it is possible to purchase the seeds grown in other regions by any of both methods.

Seed collection in rocks

It is collected in the rocks where the larvae from the spawning got attached. This is a simple and easy option in regions where there is a significant natural growth, but it requires a search, control and sustainable use of the collecting areas. Once the spats are placed in the ropes, they are sustained with a biodegradable net to sustain them until the byssus is sufficiently developed.



Figure 9. Mussel spat from rocks

Use of spat collectors

This type of process to obtain the seed is used for at least 50% of the farms in the Galicia estuaries. It is based in allocating collector ropes in the rafts during the spawning season of the mussel (during the whole year, but with relevant peaks in spring and autumn), so the larvae grip to them. The spat grows in this rope until it has the necessary size to be unfolded, or to be sold.



Figure 10. Mussel spat in a collector rope (figure obtained from Ipac Acuicultura)

3.4.1. Tubing

The tubing is the process of introducing the seeds (those obtained from collection on the rocks, as the obtained from the spat collectors are already in a rope) in biodegradable nets along a rope. The rope is hanged in a joist of the raft and the mussels start growing. The net avoids that the mussel fall before the byssus get attached to the rope. In the tubing approximately 1.5 to 1.75 kg of seeds are introduced per linear meter or rope. Ten days later, the net has degraded, and the mussels are attached to the rope. In this step the automatization of the system is not common, as the seed has a reduced size.

The net used generally has sticks that are in the rope, avoiding the falling of the harvest due to the initial lack of grip of the seeds to the rope.



Figure 11. Harvesting rope with sticks. Recinet Salnés SL



Figure 12. Manual tubing. Obtained from Ramón Franco

3.4.2. Pre-growing

After the tubing of the mussel or its growth in the collector rope, the rope grows in the raft to reach between 4 or 5 cm. This process takes between 4 and 6 months in the case that they will be unfolded, or approximately 9 months in case that the mussel will be collected directly to be sold.

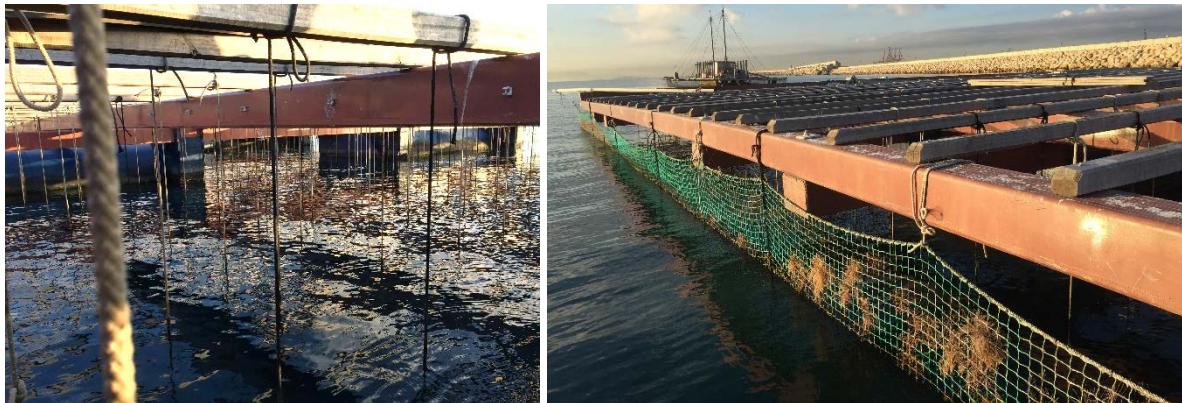


Figure 13. Pre-growing in a Formex® raft in Valencia. In this step of the growing cycle it is especially relevant to protect the harvest with a net in the areas where the spat is scarce or absent in the natural environment

3.4.3. Unfolding

This process consists in the separation of the mussel from a rope to allocate it in more ropes with lower density. This reduces the concentration of the harvest and let it grow faster. The mussels that were in one rope are after the unfolding distributed in 2 or 3 ropes.

The unfolding starts passing the rope with mussel though a brush that is attached to a metallic hamper, which collects the mussels released. After this, the mussels pass through a sheller machine which separate the individuals (which are previously conglomerated) to tube them in a lower density.



Figure 14. Process of brushing a collector rope



Figure 15. Separation of the mussel from the rope and parts of a sheller

The mussel is released, its clusters are separated, and it is tubed again with lower density. In this case, the tubing is done after a classification by size using a classifier table to have a more homogeneous harvest. Again, the net used for the tubing is biodegradable.

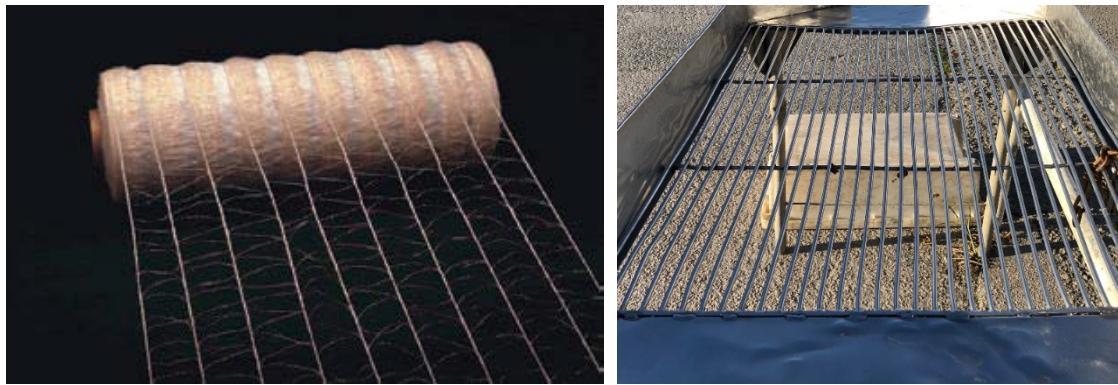


Figure 16. Left: Net for the unfolding. Right: Classifier table

In this process the size of the mussel allows the use of stringing machines, which facilitate the process of tubing.

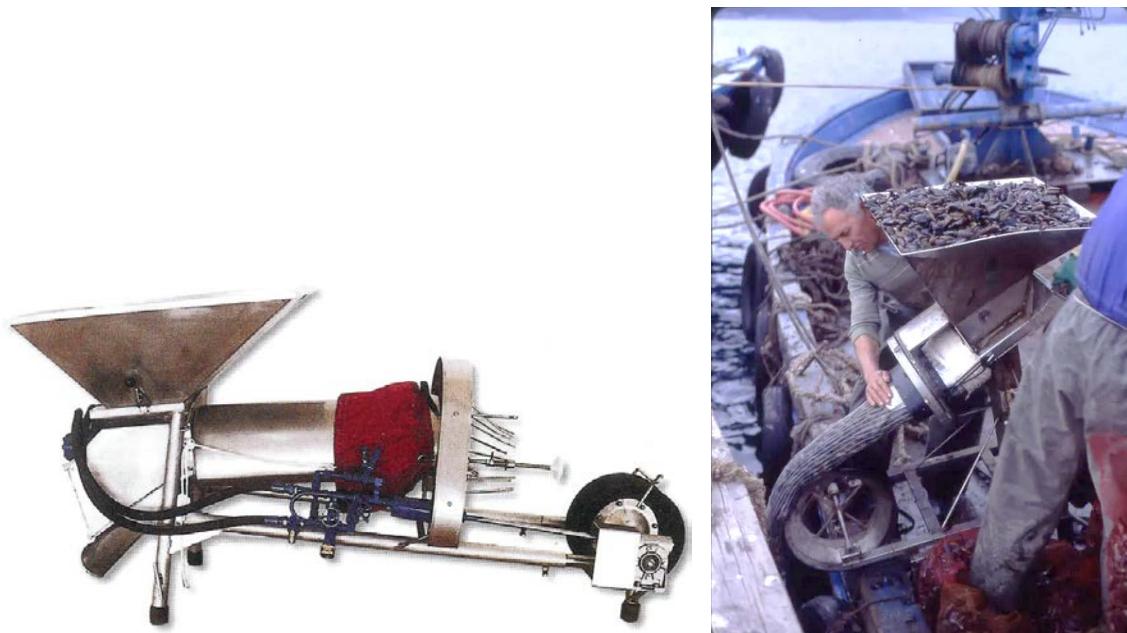


Figure 17. Stringing machine (the photo of the right is from Antonio Figueras, from CSIC)

3.4.4. Growing

Following a similar procedure than the pre-growing, in the growing process the “rabizas” are tied to the joists to hang the ropes, and then the mussel starts to grow. The optimum distance between ropes depend on factors as the location, nutrients and strategy of the farmer, being usual a distance between 1 and 1.5 m in one direction, and 70 cm in the other. The last distance is the separation between lines of joists. The farm can allocate the ropes in staggered rows to increase the distance between ropes and slightly increase the growth rates of its harvest.

The ropes stay in the raft until reaching the required size for their use, always larger than 50 mm, and considering that a bigger size implies more meat of mussel, and thus higher price in the market.



Figure 18. Formex® raft with mussel ropes hanging during the growing phase

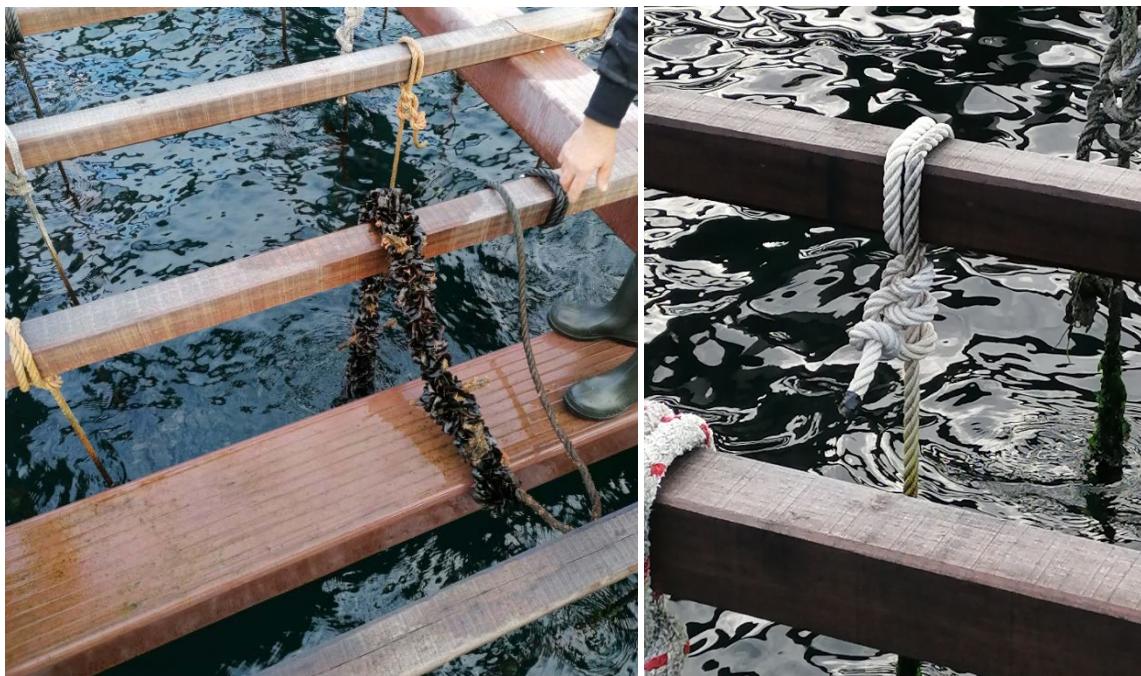


Figure 19. Rope just after starting the growing process (left). Most used type of knot, named “as de guía” (right). For more information regarding knots, please see Deliverable 5.1

3.4.5. Harvest

When the optimum moment for the harvest arrives, the “rabiza” is loosened and the rope drops on the hamper. Some hampers have a brush to extract directly the mussels from the ropes over them. After this, the mussels are classified by size for their commercialization.

In the areas of intensive farming, where the number of rafts allows to pay the investment of the boats and machines required to industrialize the process, the product is collected and packed on the boat, so the bagging is done before reaching the port. The product ends on the pallets, ready for the next step.



Figure 20. Bagged production after landing in the port

3.4.6. Depuration and commercialization (fresh)

In the cases when the mussel will be sold for its consumption as fresh product, it generally requires a depuration. This step depends on the water classes where it grew, which varies between A, B, C, and D, depending on their concentration of biotoxins. Only in the waters classified as A the depuration is not needed before the commercialization as fresh mussel.

3.4.7. Sterilization and commercialization (processed)

In the case of selling as processed product it is not necessary the depuration as the mussels are sent to the vat-house or sterilized before their consumption. Thus, the mussels are sent directly to the processing plants and the cycle is completed.

3.4.8. Equipment to harvest mussels

The process of harvesting mussels can be industrialized at different levels, depending mainly on the production capacity that has the company that is exploiting the farms. The most common equipment used for the mussel farming at industrial scale is shown at figures 21 and 22. In general, all of them are made of stainless steel of different qualities.

Sheller-classifier: Machine, generally in horizontal configuration, that facilitates the shelling and the classification of the mussel extracted from the rope.

Basket with sheller: Metal grid with basin or bowl geometry that allows to pick up the rope with the harvest. In many cases, the basket has a brush that “bits” the rope and allows to separate the mussel from it, so the process is more efficient.



Figure 21. Left Sheller-classifier from the company Talleres Alfredo SL. Right: Basket with sheller

Tubbing machine, or unfolding machine: Machine with generally horizontal configuration that allows the tubing of the mussel in a net and along the rope. Generally, it is possible to modify the diameter of the rope and the speed of advance through it. A maximum reference value for this speed is 1 m of rope per second.

Selector table: This tool facilitates the separation of the mussels by size. Sometimes it counts with a vibrator to increase the level of automatization.



Figure 22. Left: Selector table with vibrator from the company Taller Dios (Illa de Arousa). Right: Unfolding machine with two hydraulic engines. Taller Dios (Illa de Arousa).

3.5. Oyster harvesting process

The oyster farming is relatively more complex than the farming of mussels due to the difficulty of having oyster spat in significant amounts. This can be done in hatcheries, places which guarantee the optimum conditions to complete the reproductive cycle of the mollusc (see figure 23). In many occasions, the hatcheries use seawater as the suitable environment to let the larvae reaching the adequate size required.

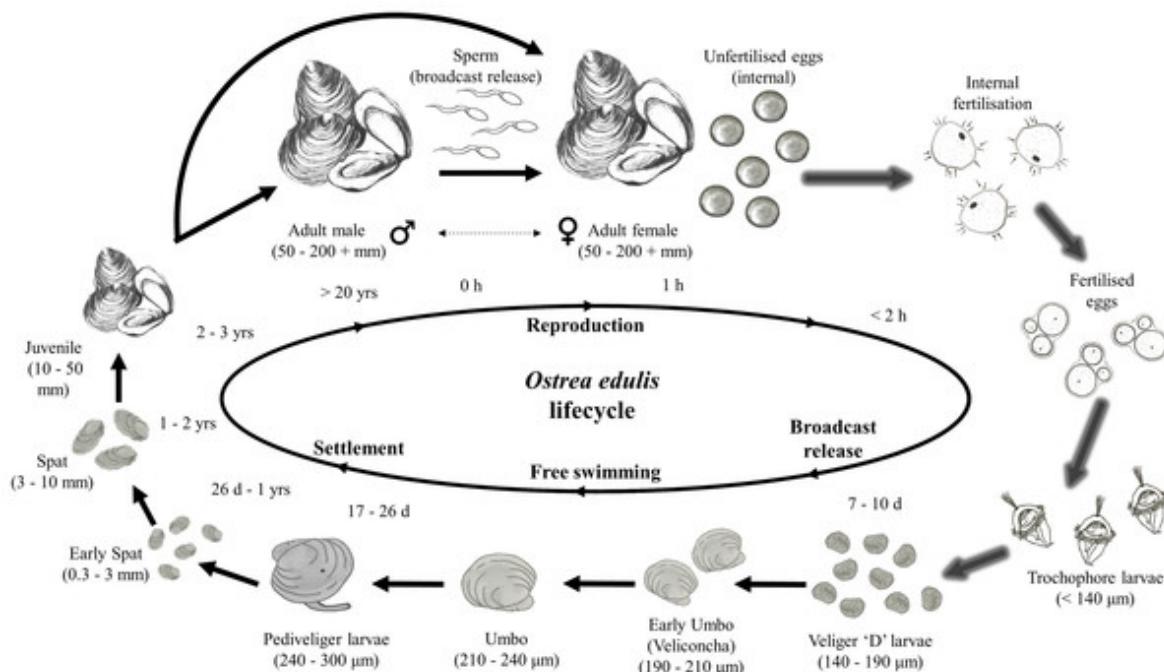


Figure 23. Lifecycle of the ostrea edulis [1]

The hatcheries do not complete the whole growing cycle of the oysters because they would require a significant investment in the water pumping and recirculation systems. Thus, to reach a both economically-viable and successful growing the most suitable options are floating structures or the grids fixed to the seabed in areas with the adequate sea depth. Both options require the seawater.

The typical cycle of farming oysters is shown at figure 24, and each step is described as follows.

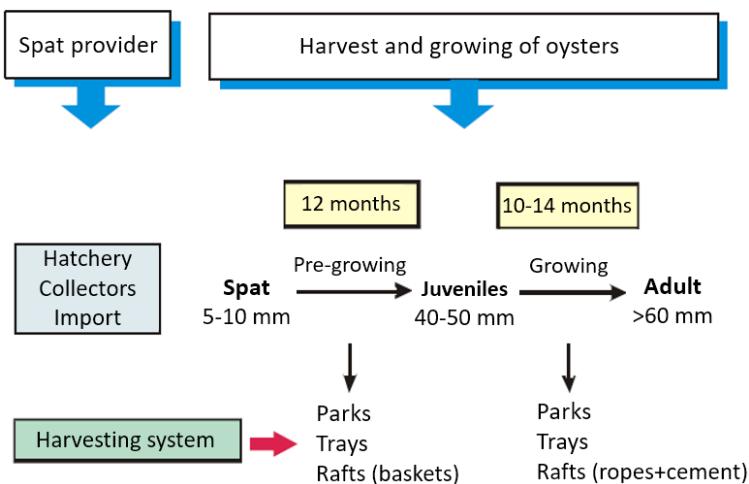


Figure 24. Most common scheme of the flat oyster farming [2]

3.5.1. Pre-growing

This first step is performed in hatcheries. There, the whole reproductive cycle of the oyster is controlled: The oyster reproduction, the larval growth, and finally the pregrowing of the seeds to

reach the size required for its transfer to the exterior installations. The first stages are done mainly in hatcheries with forced water circulation and hanging baskets. One of the systems to optimize this growth is named Flupsy (Floating Upweller System), and it consists in floating cells where the seed is allocated while a water flow is continuously pumped. This system avoids the access of predators to the spat and feeds it with a continuous flow of nutrients.

The last step of the pre-growing can be done in baskets or other similar tools that hang on the Formex® raft, which is mainly used to hang the ropes in the last growing step.



Figure 25. From left to right: Hatcheries of forced flow circulation, Flupsy system and pre-growing baskets

In the pre-growing process carried out in baskets it is relevant to control the fouling phenomena, as it may block the holes of the surface and prevent the entrance of nutrients for the molluscs. One biological option to minimize this fouling is to introduce green urchins in the basket, as they do not damage the oyster and maintain clean the plastic surface.



Figure 26. Left: Fouling in the oyster baskets. Right: Green urchins in the baskets for the biological control of the fouling

3.5.2. Growing

The growing step starts with the allocation of the oyster juveniles in a specific farming system (park, raft, trays...) in the sea (generally protected or semi-open waters). One of the most used procedures due to its high growing ratio is the cementing of the oyster to a rope. This system involves attaching the oysters to the rope using a special cement and keeping a distance of approximately 20 cm. This facilitates the mollusc to have access to the water nutrients, obtaining then an optimum growth. The ropes are generally hanged from a joist with a simply type of knot that is shown at figure 30 (for more information regarding the knots, see Deliverable 5.1).



Figure 27. Left: Lanterns for the pre-growth of the oyster (Oceanvision). Right: Cementing of the oyster to the rope (web www.valenciaplaza.com)



Figure 28. Table for oyster cementing and rope with cemented oyster



Figure 29. Oyster harvesting in a Formex® Oyster raft and oyster farming on a fixed structure



Figure 30. Two types of knots used to tie the rope to the joist in a Formex®Mixta raft. For more information regarding knots, see Deliverable 5.1.

3.5.3. Harvesting

The harvesting of the oyster starts when it reaches the required size to be commercialized. The period between its cementing and its harvesting can be between 12 and 18 months. The harvesting procedure is more manual than the procedure for the mussel, as the value of a unit is higher and an employee can easily manipulate a rope full of oysters.

3.5.4. Depuration and commercialization

As for the mussel, if the water class is not A, the product must be depurated before its commercialization.

3.6. Good practices in the use of floating structures

3.6.1. Good environmental practices

Assembling of the structure

It is convenient that during the process of assembling the Formex® structures, the possible waste generated (some plastic pieces and eucalyptus-timber ends from cutting the joists) is controlled and adequately managed. At the end of the day of assembling it is needed to collect this waste appropriately and restore the initial situation of the area used. Figure 31 (left) shows some plastic waste after screwing the connection between the primary and secondary beams. The figure of the right shows the timber ends after adjusting their length.



*Figure 31. Left: Plastic waste in the Formex® raft after screwing the connection and before their collection.
Right: Timber ends collected after assembling the joists*

The material with the structure under service

The raft is an intensive farming system, which implies that the influence of the system on the environment per unit of harvest produced is, in general, reduced. However, the type of material used for the construction of the structure has certain influence on the environment and this must be considered in terms of sustainability and maintenance requirements.

When the beams of the structure are made of wood, the environment is affected in different levels. The process of obtaining the beams from the forest (felling and transport) is significantly intrusive, being in the last years more difficult to find trees with the diameter and length required to produce the beams of the rafts. To reach the wood quality that an acceptable raft requires, the diameter should be significant and they need to be old to have a high density, avoiding the excess of water that have the young samples due to their fast initial growth. Thus, old forests are required, and this creates a need to restore the trees, which are very demanded while the natural resources are fewer and fewer.

The use of the wooden rafts has a problem due to the absorption of marine water. This degrades the wood through a process that is faster when lower is the salinity of the water (and more intense the biological activity). This requires protecting the wooden beams with paints or surface coatings,

which affect negatively to the environment to a greater or lesser extent. Regarding the wooden joists, considering their size one option is not to protect them and to replace them when they reach the end of their lifespan.

In the case of the Formex® beams, the material compactness implies that they don't need to be protected during their lifespan. There is no lixiviation or degradation because there are not communicated pores that let the water, or the gasses reach the steel reinforcement.



Figure 32. Left: Primary beam in a Formex® raft. Right: Wooden beams protected with paint

In the Formex® raft is required, as in any other raft, to inspect the floaters and the joists periodically:

Floater: It is unavoidable that certain fouling appears in its surface certain time after its installation. The progressing speed depends on the type of waters and amount of nutrients. Removing the fouling improves the hydrodynamic of the structure (this reduces the forces on the moorings) and maximizes the harvesting capacity of the raft, as the dead load diminishes. A normal frequency to remove the fouling is every 12 months.

Joists: They are generally made of wood, so they can occasionally suffer a brittle crack after screwing the bolt (figure 33, right). In these cases, if it is possible that the joist suffers a brittle crack it is better to replace it. Besides, every 15-20 years it may be necessary to replace the joists, as their progressive degradation reduces their carrying capacity. One alternative to this is to protect them periodically with a coating.



Figure 33. Left: Floater with fouling in its surface. Right: Joist with a significant crack along its axis, generated by the screw

The end of life of the structure

The most significant environmental issue of the rafts arrives at the end of their lifespan, when the decommissioning of the structure should take place. In the case of the wooden raft if the process is not managed adequately the consequences for the environment may be relevant. The main problems are:

- Long stay of the rafts to be disassembled in the decommissioning beaches. During the period the wood is not maintained, and it decomposes. Besides, it generates a visual impact.
- The rafts are not always decommissioned providing the required special treatment to each of the materials (polyester, wood...). Many of them are abandoned in the beach frequently, or in parts or as the complete raft.



Figure 34. Left: Abandoned raft in a beach (Galicia). Right: Rafts stranded in Algeciras (www.europasur.es)

- In many occasions, the stranding areas (ramps or beaches) are not adequately used and the tasks take a long time to be completed.

After the decommissioning, the area is not fully restored to the initial condition, remaining in the floor parts of chips, sawdust, steel scabs, small elements... which should be collected.



Figure 35. Residues after an improper decommissioning of an old raft



Figure 36. Tube floater and wood pending to be sent to a waste manager (left). Raft pending to be decommissioned (right)

Regarding the Formex® beams, the decommissioning at the end of its lifespan (approximately 50 years) should be managed by a specialized company. It should be highlighted that the Formex® is not a toxic, flammable, harmful, irritating, explosive, or dangerous material for the environment. At the end of their lifespan, the Formex® beams can be re-used for roofing, urban furniture, etc, or can be recycled following the process of the reinforced concrete structures.

3.6.2. Harvest protection

There is a relevant aspect that needs to be considered for the farming of oysters and other species: The fact that the product hanging is an easy prey for the natural predators.

From one side, a floating farm is an advantage because some of the predators that live in the seabed cannot have access to the mollusc (the sea urchin, the starfish...). However, fishes as the sea bram, the snapper, or even the octopuses can eat the juveniles if they are not appropriately protected. The most relevant danger is during the first months, as after that the mollusc is too big to be eaten.

The best procedure to avoid the access of these predators during the growing phases is the allocation of a protection net. This dense net has basin-shape and it hangs along the perimeter of the raft, avoiding the access of the fishes to the harvest (figure 37). During the installation of the net some factors should be considered:

- The most adequate is to install it before the ropes to facilitate the installing process.
- To install the net, it should be folded and be tied progressively while unfolding it, releasing the centre at the end to be sure that we are not entrapping any predator in it with the harvest.
- The net should have some weights in the perimeter to assure that it is tight and avoid that it gets wounds up with the harvest.
- The net should be periodically inspected to avoid its obstruction with the organic matter (fouling), as this would hamper the entrance of nutrients and reduce the growing rates of the molluscs.



Figure 37. Protection net in a Formex® Oyster raft

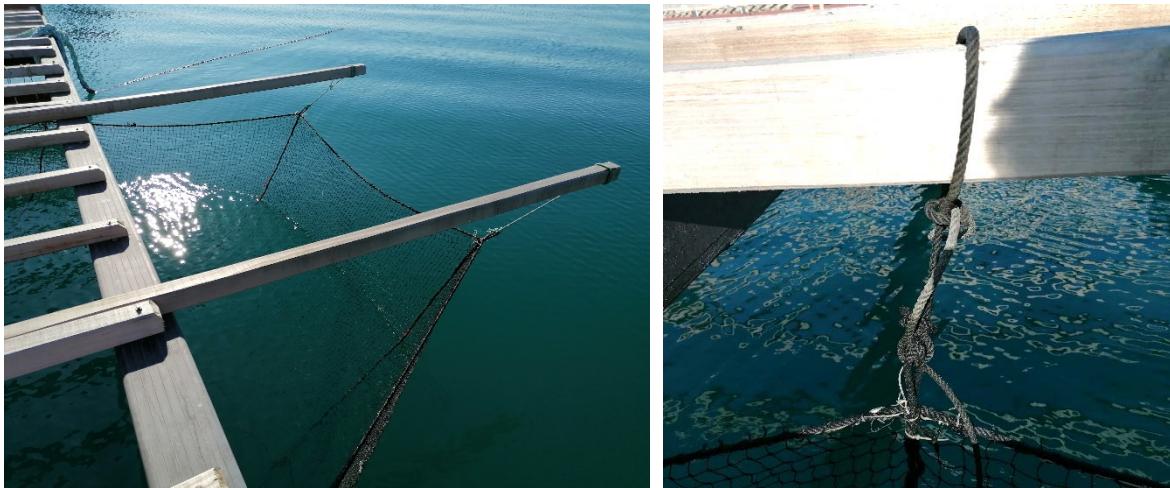


Figure 38. Left: Extension of the joist to maximize the harvesting area with the net installed. Right: Detail of the knot to sustain the net in a joist in a Formex® Mixta raft

3.6.3. Health and Safety in the use of the raft

It is recommended to read Deliverable 5.1 (public), where the different concepts of safety and health are widely explained for any of the lifetime steps of a Formex® raft, including its use under service. The main aspects that it includes are:

Maritime safety: As the raft is a floating artefact, it is convenient its beaconing to minimize the possibilities to suffer an impact. The beaconing requirements vary depending on the waters, country, and legislation.

Occupational safety: This issue is especially relevant in floating platforms, as they are submitted to continuous movement and a slip may imply a hit with the joist and a subsequent fall in the water. Thus, it is especially relevant to guarantee a reduced slipping of the surface that the farmers use to walk (mostly the joist). For this reason, the Formex® beams are produced with a surface texture that increases the grip of the boots of the farmer and, thus, reduces the risks.

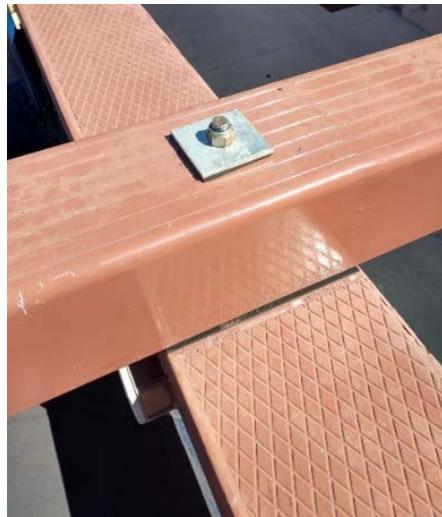


Figure 39. Connection between a primary and secondary Formex® beams with different Surface finishing

With the use of a raft, and especially when its freeboard is reduced (it is close to the water), it is possible that the “verdín” appears (green organic layer) and the surface becomes very slippery. The experience with the Formex® beams is that, as they have extremely low porosity and they are inorganic, the appearing of “verdín” is reduced, and its entrenchment to the beam is minimal. This facilitates its removal, which can be done without fear of damaging the beam due to its high abrasion resistance.



Figure 40. “Verdín” in wooden beams (left) and in Formex® beams (right)

Besides of the “verdín”, there are other factors that may cause that the beams are slippy, as the accumulation of salt (figure 41, left) or simply the moisture of the joists (figure 41, right). The farmer should walk carefully on them to avoid suffering accidents.



Figure 41. Salt precipitation between two Formex® beams (left) and humid wooden joists due to the impact of the waves (right)

Generally, the experienced farmers walk across the rafts stepping in the joists, as their separation is adequate. When they need to access to ropes that are far of the secondary beams, they reach the rope and come from it stepping with one foot in one line of joists, and the other foot in the adjacent line of joists (figure 42).

Finally, it should be highlighted that Formex® is quasi-waterproofing, so there are not volumetric changes of the beams caused by the moisture changes, so there are not problems of clearances appearing in the connections. These clearances appear in the wooden rafts and they imply relative displacements between the pieces and a constant knocking between the elements caused by the waves. This reduces the functionality and the safety in the structure and requires a periodical tightening of the screws. This is more necessary after the storms, when the employee needs to work under adverse and risky conditions due to the waves.



Figure 42. Most used walking style on the raft, stepping on two adjacent lines of joists. The arms are partially opened to have more equilibrium.

4. References

This document has been based on RDC and PREFFOR knowledge, on the experiences of the users of Formex® rafts, and on information from the following references:

- [1] Helmer L, Farrell P, Hendy I, Harding S, Robertson M, Preston J. 2019. Active management is required to turn the tide for depleted Ostrea edulis stocks from the effects of overfishing, disease and invasive species. PeerJ 7:e6431 <https://doi.org/10.7717/peerj.6431>
- [2] Impulso, desarrollo y potenciación de la Ostricultura en España. Fundación Alonso Martín Escudero.
- [3] Ingeniería de la acuicultura marina. Cultivo de moluscos y crustáceos en el mar. J. Daniel Beaz Paleo. Fundación Observatorio español de Acuicultura (MAPAMA)
- [4] Unidades didácticas de acuicultura 4. Tecnología del cultivo del mejillón en Galicia. R. FILGUEIRA, L. G. Peteiro, M. J. Fernández Reiriz. Departamento de Fisiología, Nutrición y Cultivo de Moluscos Bivalvos (IIM-CSIC)
- [5] Cuadernos de acuicultura 8. Cultivo del mejillón. Antonio Figueras Huerta y Huerta y Beatriz Novoa. Fundación biodiversidad (MAPAMA)

Annex I. Parts of a raft

There are different models of rafts, but all of them have some basic elements in common as they are required to have a floating structure in any configuration. The main elements are mentioned below and described in this Annex:

- Floaters
- Primary beams
- Secondary beams
- Joists
- Tie beams
- Mooring beam
- Moorings
- Anchor

Floater

Currently, the most used floating system for the raft is formed by 4 or 6 steel floaters that are protected with glass fiber reinforced polyester. The cylindrical configuration, with conical geometry in the basis, provide to the floater the hydrodynamic performance that the raft needs for a good navigation, making the most of its buoyancy and with a good balance between its lightship and its charged weight.

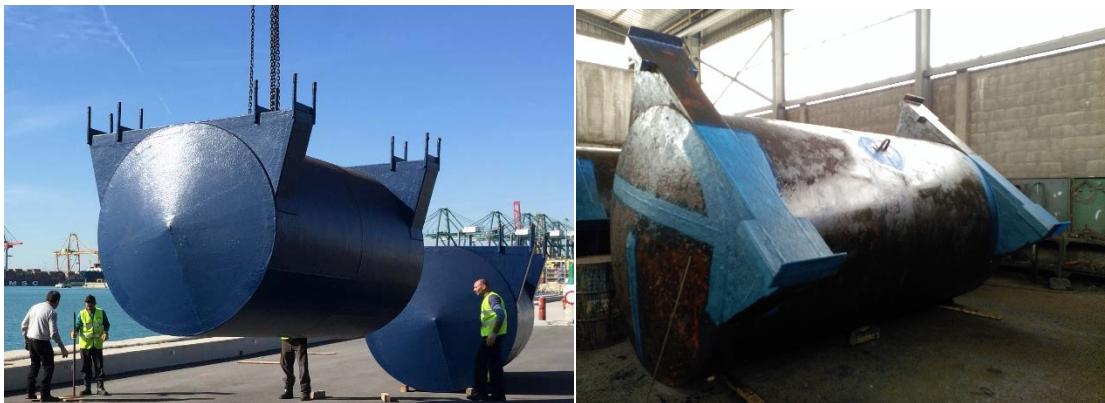


Figure 43. Steel floaters during the raft assembling (left) and floater during its construction (right)

The floaters are topped with a steel tip basis that provides a flat surface where the primary beams can be placed and anchored. The anchoring system is made with 40 to 60 mm-bolts that are welded to the floater and with threaded head. The primary beam will be placed between them, allocating a thick galvanized plate and screwing the threads to set it.



Figure 44. Connection between the floater and a primary beam of a Formex® raft

The typical configuration of the floaters is aligning their axis (longest dimension), with the axis that form the bow and the stern of the raft. Thus, the six primary beams (two per each couple of floaters) are aligned with the bow and the stern (direction of the navigation of the raft).

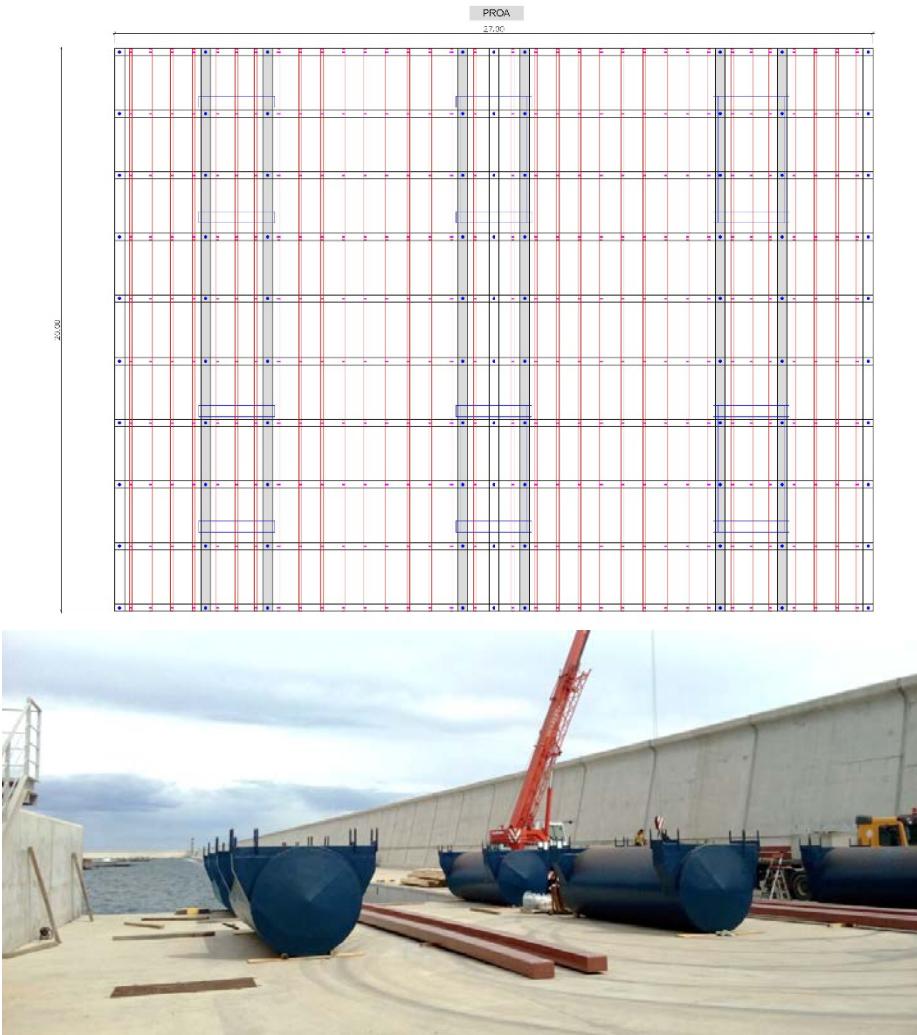


Figure 45. Example of the typical distribution of a raft and its assembling (Formex®Mixta)

In this configuration, the joists that carry the ropes are aligned in the same direction as the current flow (parallel to the primary beams).

There are two main variations of this configuration, and they are used depending on the environmental conditions (current and wind directions, or nutrient flow direction).

One of them implies that the secondary beams are in the direction bow-stern (instead of the primary). In these rafts, the primary beams and the joists are perpendicular to the navigation direction of the raft. This configuration increases the length of the raft that meets the current flow that reaches the structure (27 m instead of 20 m).

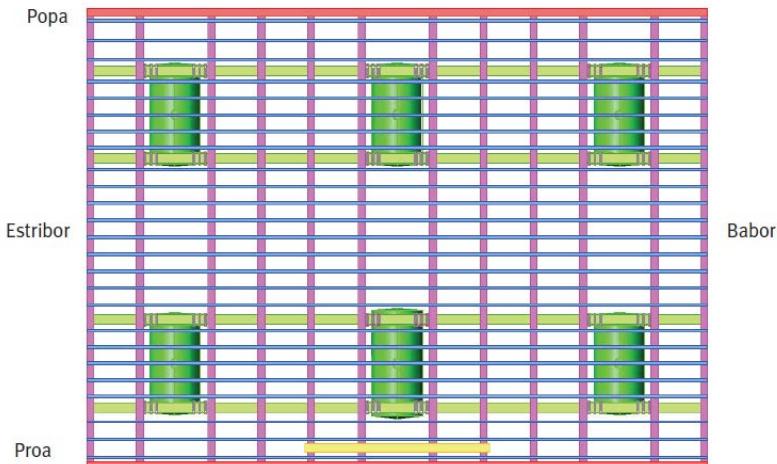


Figure 46. Scheme of the raft with the primary beams perpendicular to the axis of the floaters

Finally, there is a raft configuration named “bow rafts” where the joists and primary beams are aligned with the axis of the floaters and the current flow, but this is also the long side of the raft (27 m instead of 20 m), as there are three floaters per couple of primary beams.

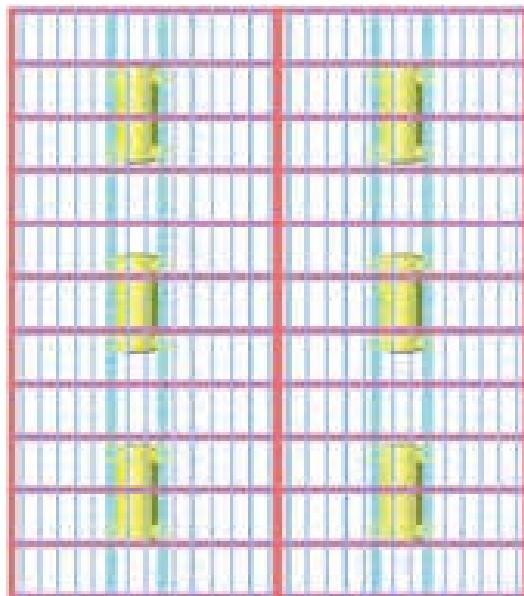


Figure 47. Scheme of a bow raft

Primary beams

Two primary beams are placed in each couple of floaters, creating the support of the grid of beams. These are the wider elements of the raft as they need to resist the largest mechanical efforts and they are more exposed to the salty water.

The standard solution is done with 6 primary beams with 20-m of length, and placing over them the secondary beams. In the case of the bow raft, for its design should be considered the length of the beams with its flexibility and the distribution of loads in the three consecutive floaters connected by each couple of primary beams.

The primary beams are the most complex elements to be repaired or replaced, being very relevant to guarantee a good performance and durability.



Figure 48. Assembling of the primary beams in a Formex®Mixta raft

Both in the grids made of wood and Formex® beams, the connection between the primary and secondary beam is done using threaded rods ("cabillas" in Spanish) that cross both beams in their connections. The connection is finished in the top part with a galvanized sheet and a screw.

The cantilevers of the beams from the end of the floaters can be unbalanced in the beams with a single mooring or balanced in those with a two moorings (bow and stern), as the mooring beams and chains are symmetric. The distances between the extreme of a floater and the end of the beam are of approximately 2 m in the bow and 3 meters in the stern in the solutions with 1 mooring, or 2 m in both sides in the solutions with two moorings.

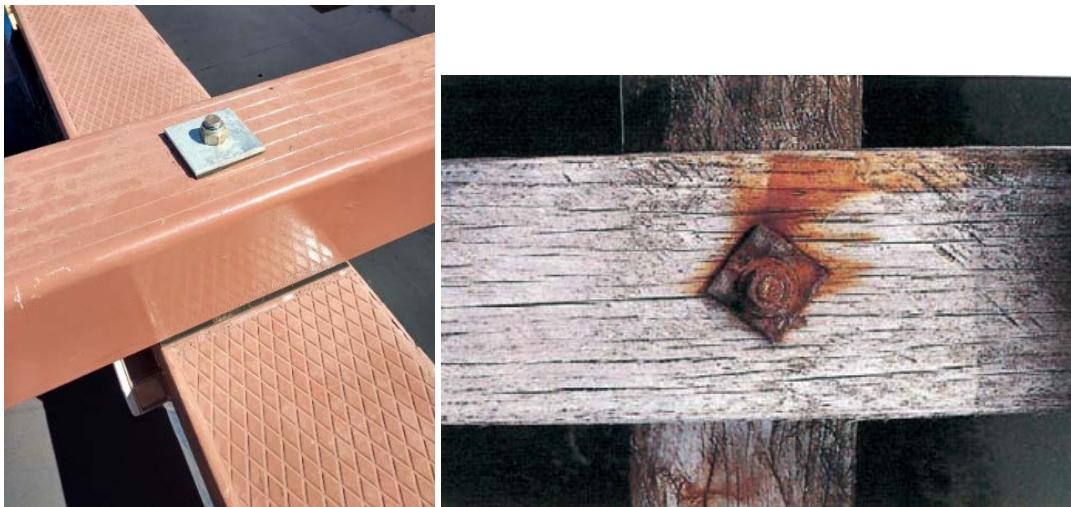


Figure 49. Image of the connection between a primary and a secondary beam in a Formex®Mixta raft and in a grid of a wooden beam

Secondary beams

These elements are placed over the primary beams in perpendicular direction. In the standard configuration they will have 27 m of length, and they may vary between 8 beams in calmed water conditions, and 11 beams in rafts allocated close to open waters.

In the other two configurations described before the secondary beams have 20 m of length and their number is 12 or 13 along the 27 m of length of the primary beams.

The distribution of the beams will depend on the type of raft, allowing spans between the axis of the secondary beams that vary between 1.9 and 2.5 m. These will be the distances that the joists will need to span.



Figure 50. Allocation of a secondary beam on the primary beams



Figure 51. Consecutive connections of the secondary Formex® beams along a primary Formex® beam

Tie beams

The tie beams are allocated in both extremes of the secondary beams. Their goal is to align these extremes at both sides of the raft and protect the raft from the docking of the auxiliary boats.

The tie beams are parallel to the primary beams in the bow rafts, and perpendicular to the secondary beams. They are the most external element in the port and starboard.

Their connection to the secondary beams is done using the same system of the threaded rods, plates and screws than connecting with the primary beams.



Figure 52. Tie beam in a wooden raft. Figure 51 shows a tie beam in a Formex® raft

Joists

The joists are the elements of the raft where the mooring ropes are hanged until the harvest reach its adequate size.

They are generally wooden sticks (eucalyptus) with a section that varies between 9x9 and 10x12 cm. The joists are connected parallel to the primary beams and nailing them to the secondary beams using nails with galvanized steel.

They are installed along the complete length of the raft, dividing in different stretches. The joints between each stretch can be done between flat endings, but this is harmful because the nails are very close to the border of the beam.

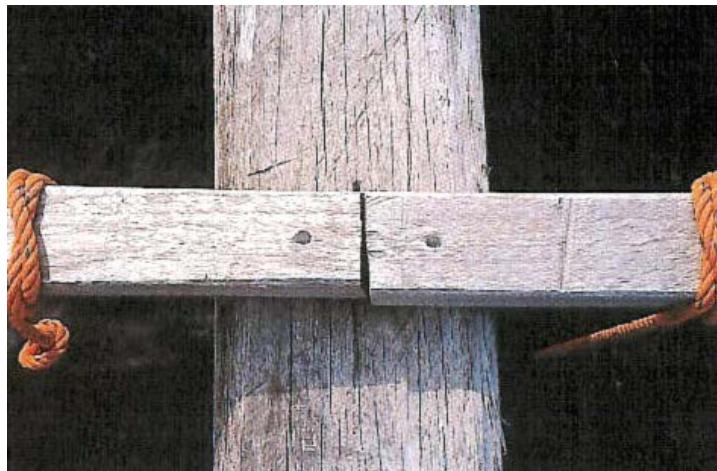


Figure 53. Connection of joists on a secondary beam

An alternative to this is to do a bevel cutting in the extreme part of the stretches, making them complementary and connecting both elements to the secondary beam with a single nail (figure 54).

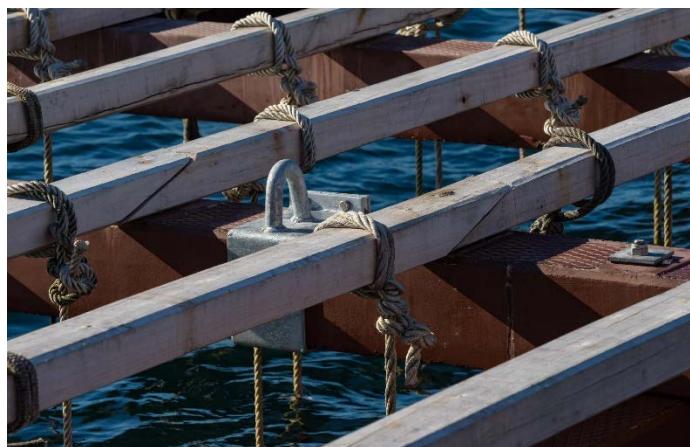


Figure 54. Connection of the joists doing a bevel in a Formex®Mixta raft

The separation between joists can vary depending on the area and type of harvest, having values between 60 and 80 cm for the mussel farming in Galicia, between 25 and 50 cm for the oyster or between 80 and 100 cm for the Mediterranean mussel. In all the cases this distance is an equilibrium between having enough flow of nutrients across the structure and having a significant number of ropes hanging in the raft.

In many mussel rafts, over the bow joists a perpendicular line of joists is placed to hang the named “fishing ropes”. Their goal is to obtain the natural spat of the mussel in the areas where the current has more nutrients.



Figure 55. Formex®Mixta raft after the installation of the joists

Mooring beam

The mooring beams in the bow rafts similar to one of the primary beams: It is placed in the centreline of the boat along the whole grid, from bow to stern, and its goal is to absorb the loads transmitted from the mooring system.

In the wooden beams a so-called “heel” (end with higher thickness) is generated in the bow, where the wrap of the chain is located, between the two first secondary beams from the bow. In order to avoid that the chain wrapping slips, a part of a beam is placed between the bow extreme of the mooring beam and the rolled chain.



Figure 56. Mooring in a wooden grid

In the Formex® rafts, to have an element that can easily be replaced and can control the displacement of the chain, the mooring beam is protected with wooden elements with wedge geometry.



Figure 57. Formex® mooring beam

The mooring beam is connected with threaded bolts to the secondary beams. This connection can be done to four beams and mooring in a single place or connecting to all the secondary beams and mooring both at the bow and the stern.

The mooring beam in the rafts where the primary beams are perpendicular to the floaters of the axis, is a short beam with the same width as the primary beams, and which is placed in the bow over the four central secondary beams and using the same type of bolts.

Moorings

The mooring has a double objective: From one side, they need to maintain the raft in its position (inside of the area designed for its license), and from the other, it should allow certain damping of the movements induced by the waves, currents and winds.

The typical elements of a mooring are three: Anchor, chain, and the mooring beam. They are installed as described in figure 58.

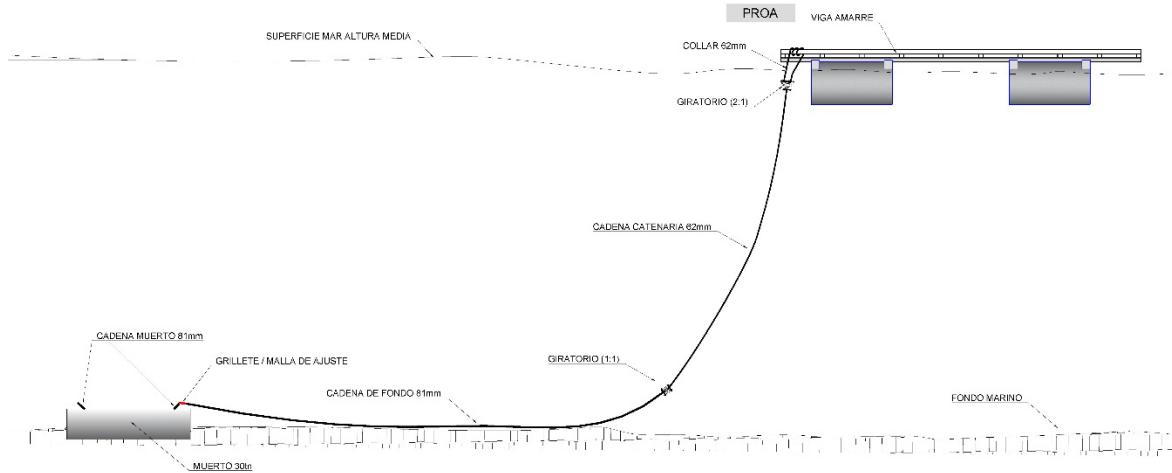


Figure 58. Scheme of the mooring system for a depth of 35 m and strong wave actions

The anchor is generally formed by a concrete prism which has some stainless-steel connections, or which directly contains part of the steel chain embedded.



Figure 59. Images of concrete anchors

The chain is the element that connects the raft with the anchor. It has four main elements: The shackles, the necklace, the connecting shackles and the rotating boom.

The chain parts are named shackles or branches and they have approximately 25 m of length, ending in a larger link which does not have stud to be able to install the binding shackle. The stud avoids the deformation of the links and the bundling of the chain.

The thickness of the link varies between the 50 mm of the shallowest areas to the 80 mm when the mooring is done with two shackles, as waters are deeper. The length of the chain is 1.5 to 2 times the sea depth in calmed waters, and up to 3 times in areas with significant waves, as this provides a first horizontal distribution during several meters from the anchor, and which absorbs the vertical pull of the chain turns it an horizontal load on the anchor. Then, the weight of the chain acts as a catenary in the raft.

The chain necklace is attached to the mooring beam and after that it hangs with its two ends in the sea. On these two ends the swivel is connected. Its size can be similar to the chain of the anchor or slightly smaller. Generally, the chain is wrapped twice around the mooring beam.

In protected waters, where the influence of the waves and the currents is reduced, the chain necklace can be replaced by a thick nylon rope (figure 60, right).



Figure 60. Shackle chain and example of the necklace of a nylon rope in a Formex®Mixta raft

The swivel is required for the good performance of a raft, as it eliminates that it entangles with the change of the currents, waves, or winds. Sometimes two swivels are installed to minimize the loads that they suffer and reach a better performance.



Figure 61. From left to right: links, shackles, and swivels

Guía de cultivo en plataformas de UHC (versión completa en español)

Resumen ejecutivo

El presente documento es el tercer entregable del Grupo de Trabajo 6 del proyecto OpenMode-863562. Se trata de una guía de cultivo de moluscos en la batea Formex®, centrándose particularmente en el mejillón y la ostra. La guía está enfocada para clientes y posibles usuarios de la estructura que no tengan experiencias previas en este tipo de acuicultura intensiva.

La primera parte de la guía se centra en explicar los ciclos de cultivo del mejillón y la ostra. La segunda parte del entregable contiene una lista de buenas prácticas de uso de la estructura, entre las que se incluyen las prácticas medioambientales, el procedimiento para proteger el cultivo de depredadores y detalles sobre seguridad en el uso de la batea. Finalmente se aporta un anexo que describe en detalle los componentes de una batea Formex®.

El documento completo se proporciona en inglés y en español, mientras que se aporta complementariamente una guía resumida en inglés, francés y croata/montenegrino.

Tabla de contenidos

1.	Introducción	8
1.1.	Alcance de este documento	8
1.2.	Audiencia	8
1.3.	Estructura del documento	8
2.	Evolución de la batea hasta nuestros días	9
3.	Guía de uso	12
3.1.	Ámbito de la guía de uso	12
3.2.	Ámbito de uso de las bateas	12
3.3.	Especies cultivables	13
3.4.	Proceso de cultivo de mejillón	15
3.4.1.	Obtención de semilla	16
3.4.2.	Encordado	17
3.4.3.	Preengorde	18
3.4.4.	Desdoble	19
3.4.5.	Engorde	20
3.4.6.	Cosecha	22
3.4.7.	Depuración y venta (fresco)	22
3.4.8.	Esterilización y venta (procesado)	22
3.4.9.	Maquinaria para el cultivo de mejillón	22
3.5.	Cultivo de la ostra	23
3.5.1.	Preengorde	24
3.5.2.	Engorde	26
3.5.3.	Recolección	27
3.5.4.	Depuración y comercialización	27
3.6.	Buenas prácticas en el uso de bateas	28
3.6.1.	Buenas prácticas medioambientales	28
3.6.2.	Protección del cultivo	31
3.6.3.	Seguridad y salud en el uso de la batea	32
4.	Bibliografía	35

Anexo I. Elementos que componen una batea	36
Flotadores	36
Vigas maestras	38
Vigas de través (o secundarias).....	40
Látigos.....	40
Pontones	41
Vigas de amarre.....	42
Fondeos.....	43

Lista de figuras

<i>Figura 1. Diagrama de GANTT de las Cuatro tareas del WP6 en el proyecto OpenMode</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Diferentes tipologías de batea a lo largo de la historia. Los números coinciden con cada descripción.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3. Batea Formex® Mixta con dimensiones en planta 20x27 metros y 6 flotadores cilíndricos</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Cuerda con palillos (izquierda). Ejemplo de rabiza (derecha)</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Cestos con bombeo / Bolsas apoyadas en terreno en zona de mareas</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Cestas de engorde de almeja y ostra</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7. Ciclo del cultivo de mejillón con desdoble. Elaboración propia a partir de fotografías de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL y Gaictech SL</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8. Ciclo del cultivo de mejillón sin desdoble. Elaboración propia a partir de fotografías de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL y Gaictech SL</i>	<i>16</i>
<i>Figura 9. Cría de mejillón en roca.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10. Cría de mejillón en cuerda colectora (figura obtenida de Ipac Acuicultura).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 11. Cuerda de cultivo con palillos. Recinet Salnés SL</i>	<i>18</i>
<i>Figura 12. Encordado a mano. Foto obtenida de Ramón Franco SL</i>	<i>18</i>
<i>Figura 13. Preengorde en batea Formex® en Valencia. En esta etapa es especialmente relevante proteger el cultivo con un copo en las zonas en las que haya escasez de semilla en el ambiente natural</i>	<i>18</i>
<i>Figura 14. Proceso de cepillado de cuerda colectora</i>	<i>19</i>
<i>Figura 15. Separación del mejillón de la cuerda y despiece de desgranadora.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 16. Izquierda: Red para desdoble. Derecha: Mesa clasificadora</i>	<i>20</i>
<i>Figura 17. Máquina de encordado (la foto de la derecha es de Antonio Figueras, del CSIC.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 18. Batea Formex® con cuerdas de mejillón durante la fase de engorde</i>	<i>21</i>
<i>Figura 19. Cuerda iniciando el proceso de engorde (izquierda). Tipo de nudo más utilizado, denominado "as de guía" (derecha). Para más información relativa a los nudos, ver entregable 5.1</i>	<i>21</i>
<i>Figura 20. Producción ensacada tras la descarga en puerto</i>	<i>22</i>
<i>Figura 21. Izquierda: Desgranadora-clasificadora de la empresa Talleres Alfredo SL. Derecha: Cesto con desgranadora</i>	<i>23</i>
<i>Figura 22. Izquierda: Clasificadora de mejillón mediante vibración Taller Dios (Illa de Arousa). Derecha: Encordadora (o desdobladora) con dos motores hidráulicos. Taller Dios (Illa de Arousa). 23</i>	<i>23</i>
<i>Figura 23. Ciclo de vida de la ostrea edulis [1].....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 24. Esquema del cultivo integral de ostra plana más común [2].....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 25. De izquierda a derecha: Semilleros de circulación forzada, sistema Flupsy y cestas de preengorde</i>	<i>25</i>

<i>Figura 26. Izquierda: Fouling en las cestas de cultivo de ostras. Derecha: Erizos de mar en las cestas para control biológico del fouling</i>	25
<i>Figura 27. Izquierda: Cestas para el pre-engorde de la ostra (Oceanvision). Derecha: Cementado de la ostra a la cuerda (web www.valenciaplaza.com)</i>	26
<i>Figura 28. Tabla de cementado de ostra y cuerda de cultivo cementada</i>	26
<i>Figura 29. Cultivo en batea Formex® Oyster y en entramados de estacas</i>	27
<i>Figura 30. Dos tipos de atado de la cuerda de ostras al puntón en una batea Formex®Mixta. Para más información sobre los nudos más utilizados, ver Entregable 5.1.</i>	27
<i>Figura 31. Izquierda: Residuos de plástico de la batea®Formex tras ejecutar la conexión y antes de ser recogidos. Derecha: Puntas de madera recogidas tras la instalación de los puntones.....</i>	28
<i>Figura 32. Izquierda: Viga primaria de la batea®Formex. Derecha: Vigas de madera protegidas con pintura.....</i>	29
<i>Figura 33. Izquierda: Flotador con fouling en su superficie. Derecha: Puntón con fisura significativa generada con el apriete del tornillo</i>	29
<i>Figura 34. Izquierda: Batea abandonada en una playa gallega. Derecha: Bateas varadas en Algeciras (www.europasur.es).....</i>	30
<i>Figura 35. Restos de desguace de batea</i>	30
<i>Figura 36. Flotador de tubo y madera pendientes de retirada a gestor. Batea en desguace.....</i>	31
<i>Figura 37. Copo de protección en batea Formex® Oyster</i>	32
<i>Figura 38. Izquierda: Extensión del puntón para maximizar la superficie de cultivo. Derecha: Detalle de la sujeción del copo en un en una batea Formex®Mixta</i>	32
<i>Figura 39. Conexión viga maestra y una viga de través Formex® con diferentes acabados superficiales</i>	33
<i>Figura 40. Verdín en vigas de madera (izquierda) y en vigas Formex® (derecha)</i>	33
<i>Figura 41. Precipitación de sal entre vigas Formex® (izquierda) y puntones de madera mojados por el impacto del oleaje (derecha)</i>	34
<i>Figura 42. Proceso de caminar sobre los puntones. Abrir los brazos para ganar equilibrio. Generalmente es más sencillo caminar sobre dos en lugar de sobre uno</i>	34
<i>Figura 43. Flotadores de acero revestidos con poliéster y fibra de vidrio</i>	36
<i>Figura 44. Conexión entre flotador y viga maestra de una batea Formex®</i>	37
<i>Figura 45. Ejemplo de esquema de 6 flotadores para una batea Formex® Mixta</i>	37
<i>Figura 46. Esquema de batea con maestras a través</i>	38
<i>Figura 47. Esquema de batea de proa</i>	38
<i>Figura 48. Montaje de vigas maestras en una batea Formex® Mixta</i>	39
<i>Figura 49. Imagen de la conexión entre una viga maestra y una viga secundaria en la batea Formex®Mixta y en un emparrillado de madera</i>	39
<i>Figura 50. Colocación de viga secundaria sobre las vigas maestras</i>	40
<i>Figura 51. Conexiones sucesivas de las vigas de través a viga maestra en batea Formex®</i>	40
<i>Figura 52. Látigo en emparrillado de madera.....</i>	41

<i>Figura 53. Unión de pontones en punta sobre viga de madera.</i>	41
<i>Figura 54. Unión de pontones en bisel sobre viga Formex®.</i>	42
<i>Figura 55. Batea Formex® tras la instalación de los pontones</i>	42
<i>Figura 56. Amarre en emparrillados de madera.</i>	43
<i>Figura 57. Viga de amarre Formex®.</i>	43
<i>Figura 58. Esquema sistema de amarre para profundidades 35 m y fuerte oleaje.</i>	44
<i>Figura 59. Imágenes muertos hormigón</i>	44
<i>Figura 60. Cadena de grilletes y ejemplo de collar de estacha de nylon.</i>	45
<i>Figura 61. Eslabones, grilletes y giratorio</i>	45

Lista de acrónimos, abreviaturas y definiciones

Abreviaturas	Significado
B2B	Empresa-Empresa
BG	Crecimiento azul
BV	Valor base
DXX	Entregable número XX
EASME	Agencia Europea para las PYMES
EC	Comisión Europea
EMFF	Fondo Europeo Marítimo y de Pesca
EU	Unión Europea
GDPR	Reglamento Europeo de Protección de Datos
H2020	Horizon 2020
In	Indicador
KPI	Indicador de rendimiento clave
MS	Hito
MXX	Mes XX
PREFFOR	Prefabricados Formex SL
R&D	Investigación y Desarrollo
RDC	Research & Development Concretes SL
SME	Pequeña y mediana empresa
SO	Objetivo específico
UHC	Hormigón de Muy Alto Rendimiento
WP	Grupo de trabajo

1. Introducción

1.1. Alcance de este documento

El presente documento es el tercer entregable del Grupo de Trabajo 6 del proyecto OpenMode-863562. Se trata de una guía de cultivo de moluscos en la batea Formex®, centrándose particularmente en el mejillón y la ostra. La guía está enfocada para clientes y posibles usuarios de la estructura que no tengan experiencias previas en este tipo de acuicultura intensiva.

	Y1												Y2												
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	
Tasks. Milestones (red): X, Deliverables (black, updates in blue): X.X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
WP6 Communication, dissemination and exploitation activities																									
6.1 Communication activities: Website and events	6.1	6.2																							
6.2 Dissemination activities: Publications, symposiums and guides																6.3									
6.3 IPR, Market and strategic analyses of the high-potential BG sectors							6.4											6.4							6.4
6.4 Exploitation and Commercialization plan																	6.5				10	6.5			6.5

Figura 1. Diagrama de GANTT de las Cuatro tareas del WP6 en el proyecto OpenMode

La primera parte de la guía se centra en explicar los ciclos de cultivo del mejillón y la ostra. La segunda parte del entregable contiene una lista de buenas prácticas de uso de la estructura, entre las que se incluyen las prácticas medioambientales, el procedimiento para proteger el cultivo de depredadores y detalles sobre seguridad en el uso de la batea. Finalmente se aporta un anexo que describe en detalle los componentes de una batea Formex®.

El documento completo se proporciona en inglés y en español, mientras que se aporta complementariamente una guía resumida en croata/montenegrino y en francés.

1.2. Audiencia

La audiencia objetivo de este entregable es:

- Usuarios y clientes potenciales de las estructuras flotantes Formex®.
- Los empleados de las empresas que participan en el proyecto OpenMode (RDC y PREFFOR), puesto que necesitan interaccionar con los clientes potenciales y promover la penetración en el mercado de las plataformas Formex®.
- La Comisión Europea, como institución que financia este proyecto.

1.3. Estructura del documento

El entregable 6.3 se divide en tres bloques principalmente:

1. Evolución del tipo de batea hasta nuestros días
2. Guía de uso
 - a. Cultivo de mejillón
 - b. Cultivo de ostra
3. Buenas prácticas de uso de bateas

Anexo: Elementos que componen una batea

En el caso de los resúmenes en croata/montenegrino y en francés, el resumen abarca la parte principal del entregable, que son los puntos 2 y 3.

2. Evolución de la batea hasta nuestros días

Como explica Jose Daniel Beaz, en su publicación *Ingeniería de la Acuicultura Marina (CSIC)*, el marisqueo, entendiendo como tal el cultivo de todo tipo de moluscos (animales marinos invertebrados) comestibles, ha acompañado a la historia del hombre desde siglos A.C. Las primeras referencias se pueden encontrar en China, y posteriormente en el Imperio Romano, existiendo información relativa a la colocación de estacas de materiales resistentes al agua salada para la fijación de cría, principalmente de ostra, para su posterior recolección y engorde en diferentes sistemas de almacenamiento.

Estos conceptos del cultivo de ostra se han ido optimizando a lo largo de la historia, principalmente motivados por el agotamiento de las zonas naturales de cultivo por una sobreexplotación no regulada. A base de estudiar y comprender los procesos de cría y engorde del bivalvo, analizando zonas de resguardo marítimo en las que disponer los sistemas de engorde, y estudiando la biología marina hasta ubicar corrientes que permitían la obtención de semilla y condiciones de máximo crecimiento, se trató de recuperar la capacidad de cultivo, principalmente en la Europa de principios de siglo XX.

Esta evolución cimentó los fundamentos de la Ostricultura actual, estableciendo la forma de cultivo que se mantiene en la actualidad: recogida de crías mediante colectores para su posterior siembra con el fin de crear nuevos yacimientos. De este modo, las ostras se reproducían igual en las áreas protegidas que en los bancos naturales, con la ventaja de minimizar la destrucción y muerte de los recién nacidos.

En el cultivo del mejillón encontramos una evolución similar. Desde las primeras experiencias de cultivo sobre artefactos, que se asocia a la casualidad, al comprobar como un sistema simple para la caza de aves, consistente en una red tendida sobre pétigas que los franceses llamaban Allouret, dejaba parte de la red bañada por el mar, comprobándose como esas cuerdas se llenaban rápidamente de mejillón, alcanzando un porte considerable, superior al de crecimiento natural en roca.

Todo ello motivó el crecimiento de zonas de cultivo basadas en este sistema de estacas entramados sobre estacas clavadas en el terreno, con cuerdas de cultivo colgadas y sumergidas en su mayoría.

La primera evolución al sistema de cultivo que nos ocupa, sobre plataforma flotante (batea), se produce en Cataluña a principios del siglo XX, extendiéndose rápidamente a otros puertos del litoral mediterráneo, de forma que en los años 20 existían en España en torno a 156 bateas; las 119 de Barcelona, más 21 en el puerto de Tarragona y 16 en Valencia. La producción en esta década llegó a alcanzar las 2.700 toneladas anuales. Lamentablemente, este sistema no pudo mantenerse por la dificultad de abastecerse de semilla, las ampliaciones de las instalaciones portuarias que expulsaron a los mejilloneros y que condujo al empeoramiento de la calidad de las aguas.

Las primeras experiencias con el mejillón en Galicia comienzan en los años 40 en la Ría de Arousa, donde se llevaba tiempo intentando crías mejillón sobre estacas dentro del puerto de Vilagarcía. El escaso rendimiento del sistema, similar al utilizado por los franceses, invitaba a probar experiencias similares a las del mediterráneo, pasando a cultivo suspendido en plataformas flotantes que permitiesen contar con mayor superficie de cultivo, no dependiendo de la profundidad del fondo para empotrar las estacas, y alcanzando zonas con mayor corriente de nutrientes.

Los excepcionales resultados obtenidos en estas primeras experiencias en Galicia, demostraron la idoneidad de las Rías Gallegas y del sistema de cuerdas en plataforma flotante para el cultivo del mejillón.

En 1945 se fondean en la Ría de Arousa las primeras bateas, con un único flotador en forma de cubo de madera, que soporta el entramado, también de madera, de donde se colgaban las cuerdas de esparto crudo. Al año siguiente se instalaron 10 bateas en la escollera del puerto de Vilagarcía de Arousa.

A partir de esta fecha la miticultura en Galicia tuvo un desarrollo vertiginoso y el cultivo de mejillón se extiende al resto de rías gallegas, alcanzando una producción de 200.000 Tn/año en la década de los 70, convirtiéndose en el primer productor a nivel mundial.

La evolución en forma y materiales de estas bateas responde principalmente a la experiencia de los acuicultores, involucrados a lo largo de décadas en el proceso de optimización del sistema de cultivo que sustenta su negocio. Algunos ejemplos de las modificaciones a lo largo del tiempo serían (*Cuadernos de acuicultura 8: Cultivo de mejillón. CSIC. Las imágenes de cada tipo de batea se muestran en la figura 2 con su correspondiente numeración*):

- 1** Cascos de barcos viejos modificados. En desuso. El casco de los barcos se cubría de cemento para proteger la madera y la estructura de soporte de las cuerdas se fijaba a la cubierta del barco. Existen evoluciones sobre catamaranes.
- 2** Batea de un flotador central. El flotador era un cajón de madera de 12 x 5 x 1.75 m. recubierto de cemento. Su uso fue bastante extendido.
- 3** Batea de flotadores de sección rectangular. Los flotadores eran generalmente seis cajones de madera recubiertos de cemento.
- 4** Batea de flotadores cilíndricos. Los flotadores son de hierro recubiertos actualmente de fibra de vidrio. Suelen ser cuatro o seis (siendo este número el predominante). Su forma es cilíndrica con cabezas cónicas.
- 5** Batea con flotadores en forma de tubos verticales. Estos tubos actuaban como tanques de lastre para variar la flotabilidad del artefacto y protegerlo durante los temporales. La operativa en mar no resulta concluyente.
- 6** Batea con flotadores en forma de tubos horizontales. Los cuatro o seis flotadores son tubos de poliéster que van de costado a costado. Las propiedades de este material, poco peso y gran resistencia a la corrosión, hicieron concebir grandes esperanzas, pero actualmente hay muy pocas en operación debido a su precio y a su rigidez que provoca pérdidas de mejillón por los «latigazos» de las cuerdas durante el mal tiempo

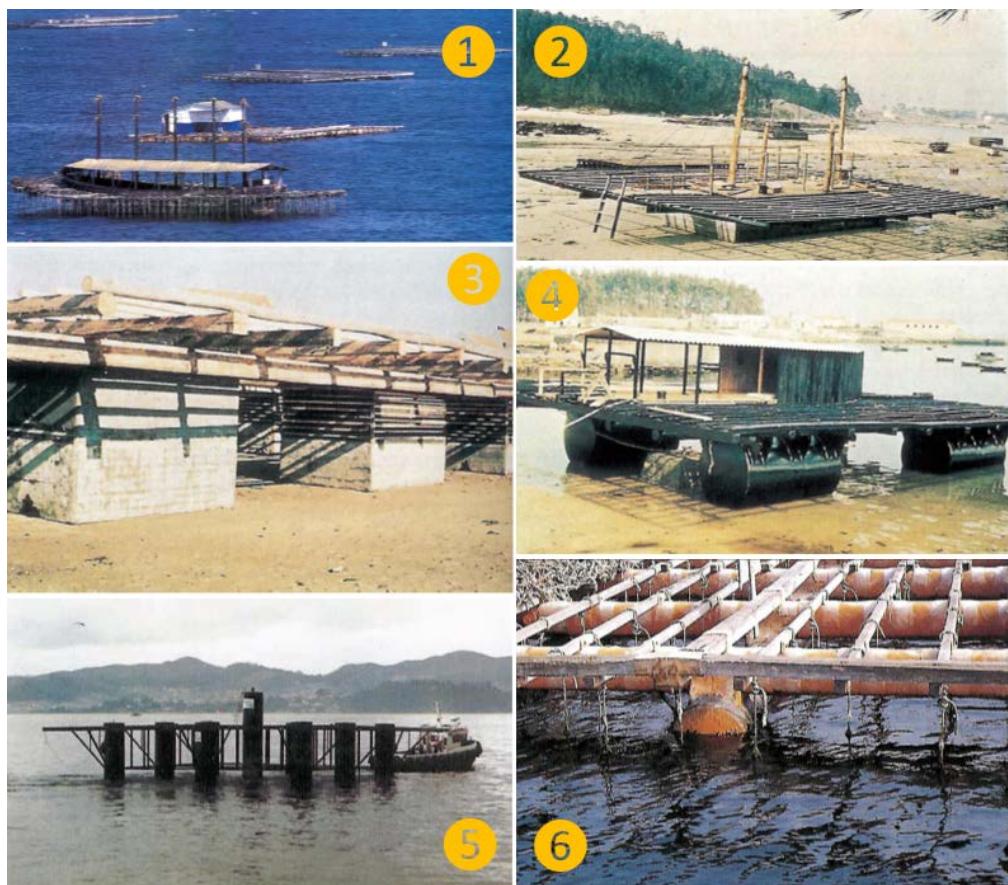


Figura 2. Diferentes tipologías de batea a lo largo de la historia. Los números coinciden con cada descripción

Tras décadas de modificaciones y pruebas, el modelo más extendido, que ha conseguido las mayores tasas de producción y con la mejor relación coste-vida útil, ha sido la **batea de flotadores cilíndricos**.

El modelo que podríamos denominar “batea gallega” con 6 flotadores y dimensiones en planta de 20x27 metros, constituye el estándar en la zona con mayor ratio de producción por superficie a nivel mundial.



Figura 3. Batea Formex® Mixta con dimensiones en planta 20x27 metros y 6 flotadores cilíndricos

Este sistema de plataforma flotante, la BATEA, resulta la solución más versátil a la hora de platear la acuicultura intensiva. Dentro de las mismas existen muchas variantes en cuanto a número de flotadores, número de vigas, amarres, separación entre pontones y/o cuerdas, diferencias que se deben fundamentalmente a las condiciones marítimas, el tipo de fondeo, las corrientes de nutrientes y la especie de molusco.

3. Guía de uso

3.1. Ámbito de la guía de uso

Esta Guía de Cultivo se elabora en concreto para instruir sobre la utilización de las bateas Formex® sea cual sea su dimensión en planta. Las prácticas se pueden aplicar casi en su totalidad a la batea tradicional de madera.

La guía cubre el uso de la batea para diferentes procesos de cultivo, etapas de este y configuraciones de batea. La información sobre seguridad y salud se complementa con la que se aporta en el entregable 5.1, también público, denominado *Maritime and operational safety guide*.

3.2. Ámbito de uso de las bateas

El sistema de cultivo en batea es intensivo. Se basa en la colocación de cuerdas de cría y engorde, colgadas del emparrillado flotante. Este sistema permite contar con un importante grado de aporte de nutrientes para el crecimiento de cualquier especie de molusco, ubicando las plataformas en las localizaciones de la superficie marina con suficiente protección que mayor concentración de fitoplancton presentan, con una longitud de cuerda, y por tanto volumen de cultivo, independiente en la mayor parte de los casos de la profundidad del fondo marino sobre el que se ubican.

En la mayor parte de las localizaciones, salvo las más próximas a costa, las cuerdas pueden alcanzar los 12 metros de profundidad. Esto supone contar con cuerdas con la resistencia suficiente para la carga total que pueden alcanzar en ciertos cultivos (hasta 300 kg por cuerda en el caso del mejillón), con la suficiente elasticidad para absorber parte del golpeo que produce el paso del oleaje por la batea, que puede llegar a soltar producción.

Junto a los requerimientos puramente mecánicos, resulta necesario también garantizar una correcta adherencia del cultivo, optimizando el agarre bien sea natural, viso del mejillón, o artificial, cementado de la ostra.

Con la finalidad de cumplir todas estas premisas, al tiempo que se consigue una relación coste-durabilidad óptima, se opta en la mayoría de los casos por cuerda de red de nylon, a las que se añaden elementos conocidos como palillos, en el caso del mejillón, que facilitan el agarre del molusco.

El tramo que queda fuera del agua se denomina rabiza, y puede emplearse otro material diferente al de la cuerda, aunque la tendencia es emplear también el nylon. No se utiliza un tramo único de cuerda por las dificultades para amarrar al pontón. Esta rabiza debe unirse a la cuerda de manera que al rotar una sobre la otra no abra el nudo, y su nudo debe permitir un enganche firme y un desenganche sencillo del pontón.



Figura 4. Cuerda con palillos (izquierda). Ejemplo de rabiza (derecha)

Las cuerdas están sometidas a un exceso de peso y trabajo en su parte alta y casi nulo en su parte baja, por lo que se suele atar la cuerda a la batea por sus dos extremos en forma de U cuando pierde acolchamiento por exceso de alargamiento.

El desgaste de las rabizas o en los palillos también es un punto crítico, que debería revisarse siempre que se limpian las cuerdas, reponiendo o reparando las defectuosas.

3.3. *Especies cultivables*

La batea es un sistema optimizado para la especie fundamental de la acuicultura marina española, el **mejillón**. Por tanto, se pueden realizar en ella todos los procesos del ciclo de cultivo: desde la captación de semilla hasta el tamaño comercial. En apartados posteriores se desarrollará en detalle el proceso de cría de este molusco.

En el caso de las **almejas** o **las ostras**, las primeras fases del cultivo a nivel industrial se realizan en los criaderos (o hatcheries) que suelen estar instalados en tierra. Tras esta fase, cada uno de los moluscos se dispondrá en cestas o bolsas para el preengorde y el engorde. Esta etapa se realiza generalmente en el mar por cuestiones de viabilidad económica.



Figura 5. Cestos con bombeo / Bolsas apoyadas en terreno en zona de mareas

En el caso de las **ostras**, como se detallará en un capítulo posterior, en ocasiones tanto el engorde como el preengorde pueden realizarse colgando en la batea, eliminando parte de los procesos en hatcheries y ganando eficiencia.

En el caso de la **almeja**, tras una fase de cultivo en el mar, normalmente en cestas colgadas de cuerdas en batea (lanternas). Durante esta fase las almejas se llevan desde los 1.5 a 3 milímetros, tamaño con el que salen del criadero, hasta los diez milímetros como mínimo.



Figura 6. Cestas de engorde de almeja y ostra

El engorde final de la almeja se debe hacer en playa, ya que se ha observado que, en los cestillos o bolsas colgantes, la ausencia de roce y movimiento por la arena hace que se redondeen, adquiriendo formas más propias de un berberecho.

Los pectínidos (**vieira, zamburiña y volandeira**) también se pueden cultivar en batea. Para su preengorde y engorde siguen un proceso similar a las almejas y ostras, pero la obtención de su semilla se hace por captación natural en vez de su cría en «hatchery».

3.4. Proceso de cultivo de mejillón

El ciclo completo del cultivo de mejillón en batea o estructura flotante intensiva se muestra en las figuras 7 y 8. Ambas opciones son válidas, y su idoneidad depende de las características de la zona, del tipo de demanda de la región y del modelo de negocio que se proponga el bateero.

Ciclo con desdoble (≈ 18 meses)

En este proceso se encuerdan dos veces: La primera dura 4-6 meses y es para que la cría engorde. Tras ese periodo se separa la semilla de cada cuerda y se distribuye en 2 o 3 más, con lo que ganan espacio para seguir adquiriendo tamaño durante 10-12 meses más. El proceso completo puede durar aproximadamente 18 meses, pero varía significativamente según el tamaño comercial deseado y la velocidad de crecimiento de la zona.



Figura 7. Ciclo del cultivo de mejillón con desdoble. Elaboración propia a partir de fotografías de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL y Gaictech SL

Ciclo sin desdoble (≈ 9 meses)

Este proceso se suele hacer captando semilla con el colector. Se diferencia del anterior en que el mejillón se recoge directamente sin haber realizado desdoble. Esto reduce los tiempos de recolecta a aproximadamente la mitad, si bien se obtiene menos cosecha por cada kilo de semilla utilizado.

initialmente. Además, el calibre del producto puede ser más reducido, con lo que el precio por kilo suele ser menor.



Figura 8. Ciclo del cultivo de mejillón sin desdoble. Elaboración propia a partir de fotografías de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL y Gaictech SL

3.4.1. Obtención de semilla

Un aspecto determinante para el cultivo del mejillón en una zona marítima supone la posibilidad de conseguir cantidad suficiente de semilla de mejillón (cría de entre 1 y 2 cm). Este factor tiene una gran importancia a la hora de seleccionar posibles polígonos de cultivo.

Existen dos mecanismos de obtención de la cría: La recogida en roca (mejillón salvaje) y el uso de cuerdas colectoras. En el caso de que en cierta área de cultivo el crecimiento de semilla sea escaso o muy lento, se pueden comprar de otra región semillas cultivadas por uno de estos dos procedimientos.

Recogida en roca

Se adquiere de rocas en las que de manera natural se ha depositado y fijado las larvas procedentes del desove. Esta opción resulta sencilla en zonas con abundantes posibilidades de crecimiento, pero requiere búsqueda, control y utilización sostenible de las mismas. Una vez obtenido se coloca en cuerdas, soportado por mallas de algodón hasta que el propio mejillón se ancla a la cuerda.



Figura 9. Cría de mejillón en roca

Uso de cuerdas colectoras

Este supone hasta el 50% de la obtención de cría en el caso de las Rías gallegas. Consiste en colocar en la batea de cuerdas colectoras durante las épocas de desove del mejillón (todo el año, con picos importantes en primavera y otoño), en las que se fija la larva. El mejillón se deja engordar en estas cuerdas hasta que alcanza un tamaño suficiente para el proceso de partida o desdoble.



Figura 10. Cría de mejillón en cuerda colectora (figura obtenida de Ipac Acuicultura)

3.4.2. Encordado

Proceso mediante el cual la semilla captada del medio se coloca en las cuerdas de cultivo para comenzar su engorde (este paso no se produce si la semilla se obtiene en cuerdas colectoras). Durante el encordado se coloca la semilla de mejillón dentro de una malla biodegradable que contiene la cuerda para evitar que esta se desprenda antes de fijarse a la cuerda. Se colocan entre 1.5 y 1.75 kg por metro lineal de cuerda, tratando de que esta quede prieta contra la malla para que el biso se fije. Apenas 10 días después, la malla se ha biodegradado y los mejillones quedan fijados a la cuerda. En esta fase la automatización del encordado no es usual, pues la semilla tiene un

tamaño muy reducido. Hay que destacar que la cuerda es de nylon y puede incorporar unos palillos cada cierta distancia que evitan la caída del cultivo por falta de agarre a la cuerda hasta que se desarrolla el biso.



Figura 11. Cuerda de cultivo con palillos. Recinet Salnés SL



Figura 12. Encordado a mano. Foto obtenida de Ramón Franco SL

3.4.3. Preengorde

Tras realizar el encordado del mejillón o tras su crecimiento en la cuerda colectora, este se deja crecer en la batea hasta alcanzar una talla cercana a los 4 o 5 cm. Este proceso puede durar de 4 a 6 meses en el caso de que se desee desdoblar, o hasta 9 meses en el caso de que el mejillón se vaya a recolectar directamente para la venta.

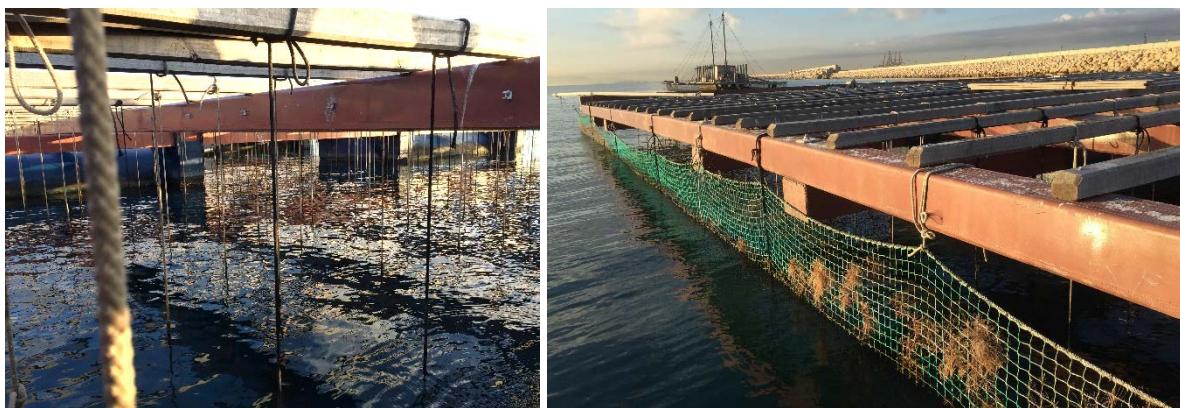


Figura 13. Preengorde en batea Formex® en Valencia. En esta etapa es especialmente relevante proteger el cultivo con un copo en las zonas en las que haya escasez de semilla en el ambiente natural

3.4.4. Desdoble

Este proceso consiste en la separación del mejillón de las cuerdas para volver a encordarlo con una densidad menor. Esto reduce la concentración del cultivo y le permite continuar con su crecimiento. Lo que antes colgaba en una cuerda ahora se distribuye en dos o tres.

El desdoble se comienza haciendo pasar cada cuerda por un cepillo acoplado a un cesto donde se recoge el mejillón desprendido. Después el mejillón pasa por una máquina desgranadora que separa los individuos que forman piñas entre sí, para volver a encordarlos a menor densidad.

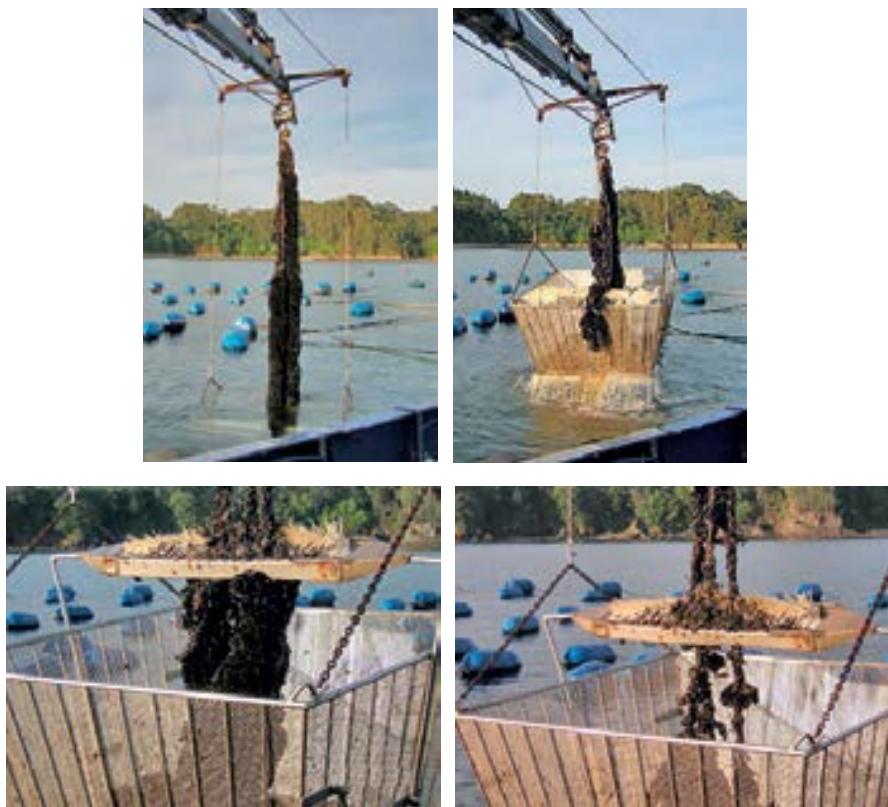


Figura 14. Proceso de cepillado de cuerda colectora



Figura 15. Separación del mejillón de la cuerda y despiece de desgranadora

El mejillón se desprende, desgrana, y se vuelve a encordar a menor densidad, sólo que en esta ocasión antes del encordado se realiza una clasificación por tamaños, utilizando una mesa clasificadora para permitir una cosecha más homogénea. De nuevo, la red en la que se embute el mejillón es biodegradable.

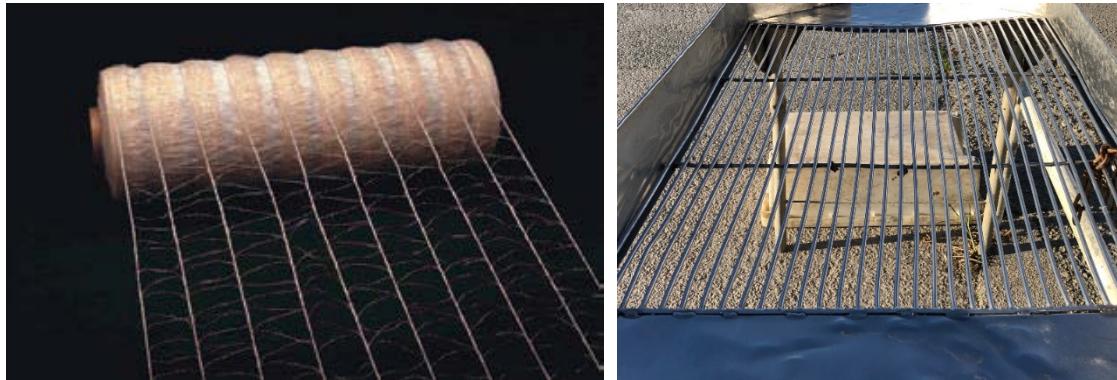


Figura 16. Izquierda: Red para desdoble. Derecha: Mesa clasificadora

En esta ocasión el tamaño del mejillón permite el uso de máquinas encordadoras, que facilitan el plantado de las nuevas cuerdas.

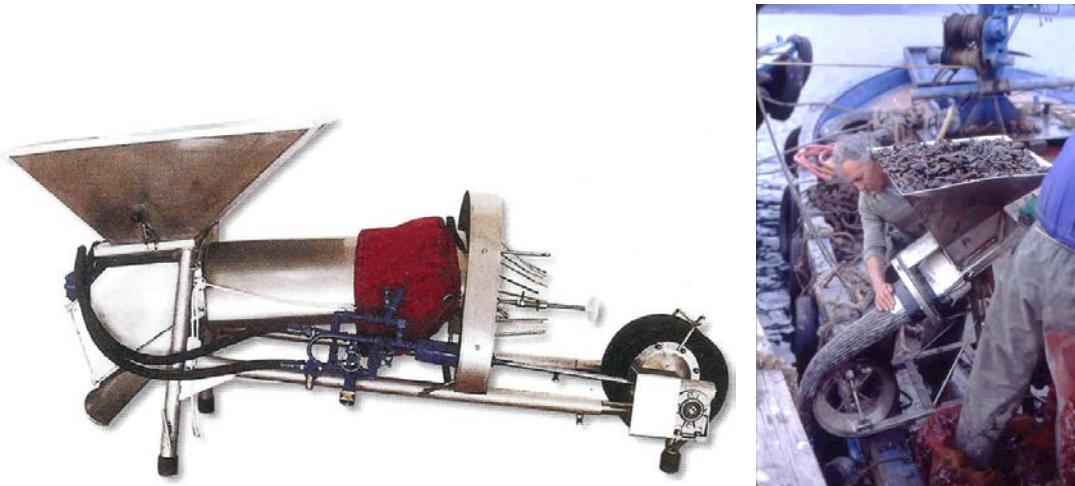


Figura 17. Máquina de encordado (la foto de la derecha es de Antonio Figueras, del CSIC)

3.4.5. Engorde

Siguiendo un proceso similar al del preengorde, se atan de nuevo las rabizas en los puntones para que el mejillón continúe con su crecimiento. La distancia óptima entre las cuerdas depende de la localización y estrategia del bateero, siendo usual una distancia de entre 1 y 1.5 m en una dirección, y aproximadamente 0.7 m en la otra. Esta última distancia coincide con la separación de las líneas de puntones. El bateero puede optar por colocar las cuerdas a tresbolillo para incrementar la distancia entre las cuerdas e incrementar ligeramente las tasas de crecimiento del cultivo.

Las cuerdas procedentes del desdoble se mantienen en la batea hasta alcanzar tamaños requeridos según uso, siempre mayor a los 50 mm, y teniendo en cuenta que cuanto mayor el tamaño y el contenido en carne del mejillón mayor es su cotización en el mercado.



Figura 18. Batea Formex® con cuerdas de mejillón durante la fase de engorde

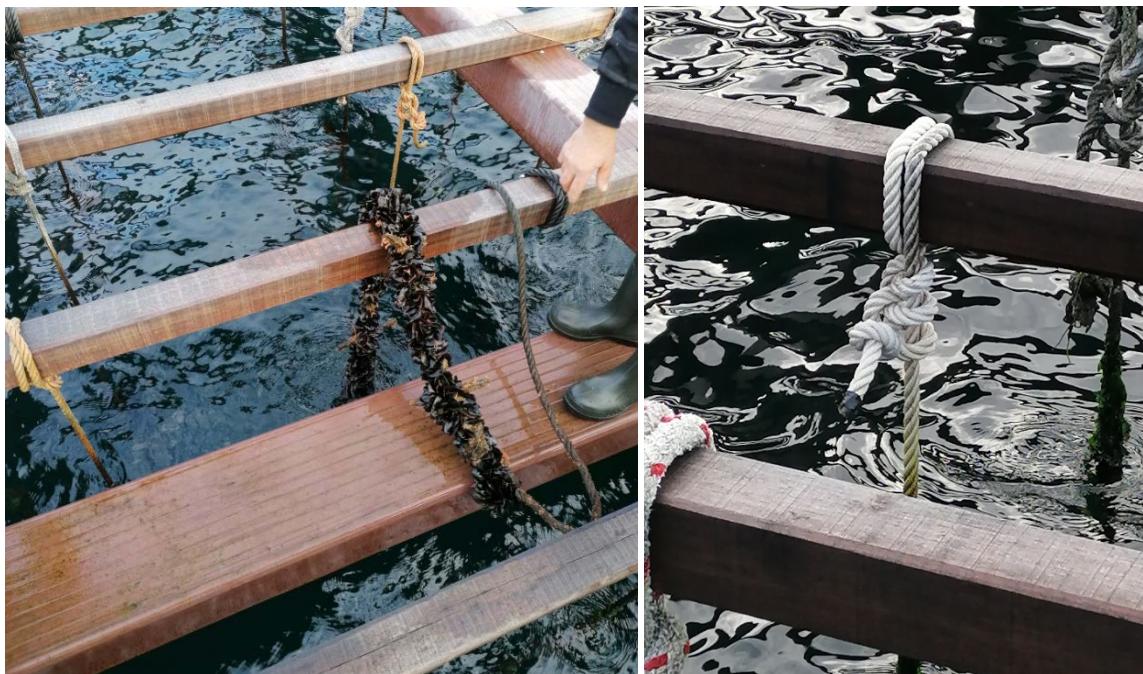


Figura 19. Cuerda iniciando el proceso de engorde (izquierda). Tipo de nudo más utilizado, denominado "as de guía" (derecha). Para más información relativa a los nudos, ver entregable 5.1

3.4.6. Cosecha

Cuando se alcanza el momento óptimo para la recolecta, se desata la rabiza y la cuerda se deja caer en el cesto. Algunos cestos incorporan un cepillo que permite separar directamente sobre el mismo el mejillón de las cuerdas. Posteriormente, se clasifica por tamaños para su comercialización.

En las zonas de acuicultura intensiva, con un número suficiente de bateas que permite amortizar la inversión en barcos de pesca con los aparejos necesarios para completar el proceso, la recogida se acopia en el barco llegando incluso a producir la propia clasificación y ensacado antes de alcanzar el puerto. El producto queda ensacado en pallets, listo para el siguiente paso.



Figura 20. Producción ensacada tras la descarga en puerto

3.4.7. Depuración y venta (fresco)

En los casos en los que el mejillón se planea la venta para el consumo fresco se suele requerir una depuración. Este paso depende de la clase de las aguas en las que se ha criado, que puede variar entre A, B, C y D dependiendo de su contenido en biotoxinas. Únicamente en aquellas aguas categorizadas como clase A no es necesaria la depuración antes de la venta para el consumo en fresco.

3.4.8. Esterilización y venta (procesado)

En el caso de la venta para procesado, no es necesaria la depuración puesto que los mejillones pasan por el cocedero o esterilizado antes de su consumo. Por tanto, el mejillón se dirige directamente a las plantas de procesado y se completa el ciclo.

3.4.9. Maquinaria para el cultivo de mejillón

El proceso de cultivo de mejillón puede industrializarse a diferentes niveles, algo que depende fundamentalmente del volumen de producción con el que cuente la empresa explotadora. La maquinaria más común para el cultivo en bateas a nivel industrializado se muestra en las figuras 21 y 22. Por lo general todas están elaboradas con acero inoxidable de diferentes calidades.

Desgranadora-clasificadora: Maquinaria, generalmente horizontal, que permite desgranar y clasificar el mejillón extraído de la cuerda.

Cesto con desgranadora: Rejilla metálica en forma de cazo que permite recoger la cuerda con el cultivo. En ocasiones tiene un cepillo en la parte superior que muerde la cuerda y permite arrancar el mejillón de esta, con lo que se gana eficiencia.



Figura 21. Izquierda: Desgranadora-clasificadora de la empresa Talleres Alfredo SL. Derecha: Cesto con desgranadora

Encordadora o desdobladora: Máquina generalmente horizontal que permite el embutido del mejillón en la malla. Generalmente es posible modificar el diámetro de la cuerda y la velocidad de avance de esta. Un valor máximo aproximado para esta velocidad es de un metro de cuerda por segundo.

Mesa selectora: Elemento que permite separar el mejillón por tamaños. En ocasiones cuenta con un vibrador que permite una mayor automatización.



Figura 22. Izquierda: Clasificadora de mejillón mediante vibración Taller Dios (Illa de Arousa). Derecha: Encordadora (o desdobladora) con dos motores hidráulicos. Taller Dios (Illa de Arousa).

3.5. Cultivo de la ostra

El cultivo de la ostra resulta relativamente más complejo que el del mejillón por la dificultad de disponer de cría en cantidades significativas. Esto se logra en los criaderos, en los que se alcanzan las condiciones para que el ciclo reproductivo de este molusco (ver figura 23) se produzca de manera óptima. En muchas ocasiones, los criaderos usan el agua de mar como medio para que las larvas alcancen el tamaño de semilla requerido.

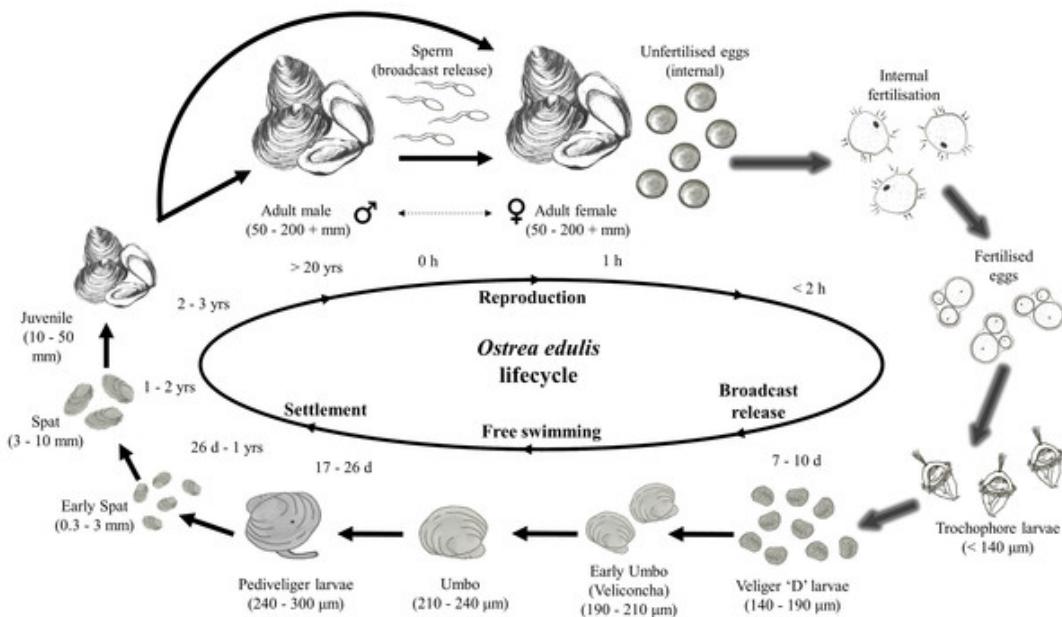


Figura 23. Ciclo de vida de la ostrea edulis [1]

Los criaderos no se utilizan para el proceso completo de engorde de la ostra porque requerirían una importante inversión en el sistema de bombeo y recirculación de agua marina. Por tanto, para lograr un engorde viable y a la vez exitoso las opciones idóneas son las plataformas flotantes o los emparrillados empotrados al fondo en zonas de suficiente calado. Ambas opciones se realizan en agua de mar.

El ciclo típico de cultivo de la ostra se muestra en la figura 24, y sus pasos se describen a continuación.

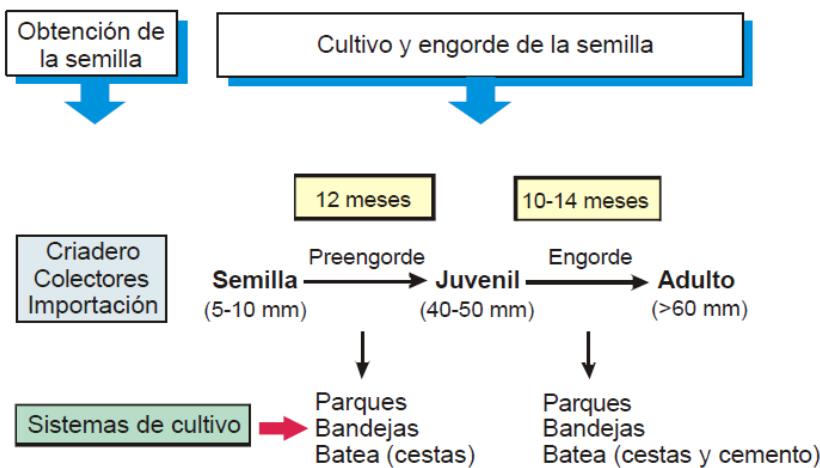


Figura 24. Esquema del cultivo integral de ostrea plana más común [2]

3.5.1. Preengorde

Este proceso se suele llevar a cabo en criaderos (hatcheries). En estos se controla el proceso de reproducción de la ostra, el cultivo larvario, y finalmente se preengorda la semilla hasta que alcanza

el tamaño requerido para su traslado a instalaciones exteriores. Las primeras fases se realizan principalmente en semilleros de circulación forzada y cestas colgantes, aprovechando las corrientes de nutrientes. Uno de los posibles sistemas para optimizar ese crecimiento es el Flupsy (Floating Upweller System), que consiste en unas celdas flotantes dentro de las que se pone la semilla mientras se bombea agua de manera continua. El sistema evita el acceso de depredadores a las crías y las abastece de alimento mediante la recirculación.

La última fase del proceso de preengorde se puede llevar a cabo en cestas u otros utensilios en la batea Formex®, la cual se utiliza principalmente para colgar las cuerdas en las que se realiza la fase de engorde.



Figura 25. De izquierda a derecha: Semilleros de circulación forzada, sistema Flupsy y cestas de preengorde

En el procedimiento de preengorde en cestas es importante controlar el desarrollo de fouling en su superficie, puesto que este bloqueará la entrada de alimento a los moluscos. Una opción biológica que se puede aplicar para minimizarlo es introducir en la cesta erizos de mar verdes (green urchin), que no dañan a la ostra y ayudan a mantener las cestas limpias.



Figura 26. Izquierda: Fouling en las cestas de cultivo de ostras. Derecha: Erizos de mar en las cestas para control biológico del fouling

3.5.2. Engorde

Ese se trata de la colocación de los juveniles de ostra en un sistema de cultivo (parque, batea, bandeja...) en el mar (generalmente en aguas protegidas o semiabiertas). Uno de los procedimientos más utilizados por las elevadas tasas de crecimiento de la ostra es el que se lleva a cabo cementándola a la cuerda. Este consiste en unir las ostras a lo largo de las cuerdas de cultivo mediante pasta de cemento, a unas distancias de aproximadamente 20 cm entre pieza. Esto facilita el acceso del molusco a los nutrientes del agua, y que por tanto engorde a un ritmo óptimo. Las cuerdas suelen amarrarse a los puntones con una tipología sencilla de nudo que se muestra en la figura 30 (para más información sobre nudos, ver entregable 5.1).



Figura 27. Izquierda: Cestas para el pre-engorde de la ostra (Oceanvision). Derecha: Cementado de la ostra a la cuerda (web www.valenciaplaza.com)



Figura 28. Tabla de cementado de ostra y cuerda de cultivo cementada



Figura 29. Cultivo en batea Formex® Oyster y en entramados de estacas



Figura 30. Dos tipos de atado de la cuerda de ostras al puntón en una batea Formex®Mixta. Para más información sobre los nudos más utilizados, ver Entregable 5.1.

3.5.3. Recolección

La recolección de la ostra se realiza cuando esta alcanza el tamaño adecuado para ser comercializada. Desde que se cementa hasta que se recolecta pueden pasar entre un año y un año y medio. El proceso de recolección es más manual que el del mejillón, por el valor de las piezas y la capacidad de un empleado de elevar una cuerda con relativa facilidad.

3.5.4. Depuración y comercialización

Al igual que en el caso del mejillón, si la clase de aguas no está calificada como A, deberá depurarse el producto antes de su comercialización para consumo.

3.6. Buenas prácticas en el uso de bateas

3.6.1. Buenas prácticas medioambientales

Montaje de la estructura

Es conveniente que durante el proceso de montaje de la batea Formex® se controlen y gestionen los posibles residuos generados, que se limitan a algunos trozos de plástico y puntas de madera de eucalipto. Al final del día de montaje conviene recogerlos adecuadamente y gestionarlos para restituir por completo la situación inicial del área utilizada. La figura inferior muestra residuos de plástico en la zona de conexión de la viga primaria con la secundaria, y el proceso de recogida de las puntas de madera tras la colocación de los puntones.



Figura 31. Izquierda: Residuos de plástico de la batea®Formex tras ejecutar la conexión y antes de ser recogidos. Derecha: Puntas de madera recogidas tras la instalación de los puntones

El material durante la vida útil de la estructura

Las bateas son un sistema intensivo de cultivo, lo que implica que la influencia del sistema en el medio por unidad de peso producida es, en general, reducida. Sin embargo, el tipo de material con el que se haya construido la estructura influye a su interacción con el medio ambiente, por lo que debe tenerse en cuenta en términos de sostenibilidad y mantenimiento.

Cuando las vigas de la estructura son de madera se afecta al medio ambiente en diferentes niveles. El proceso de obtención de las vigas en el bosque (tala y transporte) resulta muy intrusivo, siendo en los últimos años cada vez más complicado encontrar árboles con porte y altura suficiente para obtener las vigas necesarias. Para alcanzar una calidad suficiente en la madera se requieren ejemplares que, además de requerir un diámetro considerable, tengan suficiente edad como para que su madera tenga la densidad adecuada (no una densidad reducida por exceso de agua debida al crecimiento rápido inicial). De este modo, se requieren bosques con cierta antigüedad y se genera un problema de restitución de ejemplares al existir más demanda que oferta de eucaliptos con esta madurez.

El uso de bateas de madera tiene el problema de que esta absorbe el agua de mar y se degrada, siendo este proceso más rápido cuanto menor es la salinidad del agua por la mayor actividad biológica. Esto obliga a proteger mediante pinturas o tratamientos superficiales las vigas de madera, los cuales afectan en mayor o menor medida al medio natural. En lo que se refiere a los puntones de madera, estos pueden no protegerse y optar por su sustitución cada cierto tiempo.

En el caso de las vigas Formex®, la compacidad del material hace que las vigas no requieran protección de ningún tipo a lo largo de toda su vida útil. No se produce lixiviación ni degradación porque no existe una red intercomunicada de poros a través de la cual pueda fluir el agua o los gases.



Figura 32. Izquierda: Viga primaria de la batea Formex®. Derecha: Vigas de madera protegidas con pintura

Sí es necesario inspeccionar y mantener tanto los flotadores como los puntones de la batea Formex® (al igual que en cualquier otra batea):

Flotador: Es inevitable una cierta acumulación de fouling en su superficie con el paso del tiempo. La velocidad a la que este progresá depende del tipo de aguas y su contenido de nutrientes. Eliminarlo permite mejorar la hidrodinámica (lo cual reduce las fuerzas que sufren los muertos de fondeo) y maximiza la capacidad de cultivo de la batea porque le quita peso muerto. Una frecuencia típica para eliminar el fouling es cada 12 meses.

Puntones: Estos generalmente se hacen de madera, la cual puede sufrir ocasionalmente un fallo frágil al atornillar la zona de conexión (figura 33). En esos casos es conveniente que por motivos de seguridad se sustituya el elemento si se considera que puede romperse. Además, con una frecuencia de 15-20 años puede ser necesario reemplazar los puntones por otros, pues con su degradación progresiva pierden capacidad portante. Una alternativa a esto es mantenerlos con pinturas de protección periódicamente.



Figura 33. Izquierda: Flotador con fouling en su superficie. Derecha: Puntón con fisura significativa generada con el apriete del tornillo

El final de la vida útil de la estructura

La mayor problemática medioambiental de las bateas llega con la gestión de sus elementos al final de su vida útil, cuando debe producirse el desguace de la batea. En el caso de las bateas de madera, si no se realiza una gestión adecuada las consecuencias para el medio ambiente pueden ser muy dañinas. Los principales problemas que genera son:

- Larga estancia de las bateas en las playas para el desguace, periodo durante el cual la madera no se mantiene y se descompone, además de generar un impacto visual.
- No siempre se procesan mediante el tratamiento especializado correspondiente cada uno de los materiales (poliéster, madera...). Muchos de estos acaban abandonados en las playas con frecuencia, o en partes o la batea completa.
- En muchas ocasiones las zonas de desguace (rampas o playas) no se usan apropiadamente y las tareas duran demasiado tiempo.



Figura 34. Izquierda: Batea abandonada en una playa gallega. Derecha: Bateas varadas en Algeciras (www.europasur.es)

Tras el desmantelamiento la zona no queda restituida a su situación inicial, quedando restos de astillas, serrín, costras de metal, puntas partidas... que deberían recogerse.



Figura 35. Restos de desguace de batea



Figura 36. Flotador de tubo y madera pendientes de retirada a gestor. Batea en desguace

Por lo que se refiere a las vigas de Formex®, el desguace al final de su vida útil (aproximadamente 50 años) debe gestionarse por empresas especializadas. Cabe resaltar que el Formex® no es un material tóxico, inflamable, nocivo, irritante, comburente, corrosivo, explosivo ni peligroso para el medio ambiente. Al agotarse la vida útil de la estructura de Formex®, las vigas pueden ser reutilizadas para realizar techados, porches, bancos, etc, o pueden ser recicladas siguiendo el proceso típico de las estructuras de hormigón armado.

3.6.2. Protección del cultivo

Un aspecto adicional para tener en cuenta en el proceso de cultivo de la ostra y otros tipos de moluscos sobre plataforma marina flotante es que, al permanecer en agua colgando de cuerdas durante todo el proceso, los moluscos se encuentran expuestos a sus depredadores naturales.

El tipo de cultivo flotante tiene la ventaja de estar alejado del fondo marino, con lo que algunos depredadores potenciales, como el erizo o la estrella de mar, no tienen oportunidad de acceder a los ejemplares colgados. Sin embargo, peces como la dorada, el pargo, o incluso los pulpos tienen fácil acceso a este alimento si no se protege adecuadamente. Este peligro es más relevante especialmente durante los primeros meses de crecimiento, ya que después el molusco es suficientemente grande.

El mejor modo de evitar el acceso de esos depredadores durante el engorde es la colocación de un copo de protección. Este elemento es una red tupida en forma de cuenco que se cuelga del perímetro de la batea y evita el acceso de los peces al cultivo (figura 37). En la instalación del copo hay que tener en cuenta varias consideraciones:

- Lo más adecuado es colocarla con la batea sin cuerdas de cultivo para facilitar el proceso de instalación.
- Para instalarla, debe plegarse toda la red y atarla progresivamente mientras se abre, soltando el centro de la misma al final para garantizar que en el interior no dejemos atrapado ningún depredador.
- Debe contar con unos plomos perimetrales que la mantengan tensa y eviten que se enrede con el cultivo.

- Hay que inspeccionarla con periodicidad y evitar que se obstruya la malla con materia orgánica (fouling), pues esto reduciría la entrada de nutrientes a los moluscos.



Figura 37. Copo de protección en batea Formex® Oyster

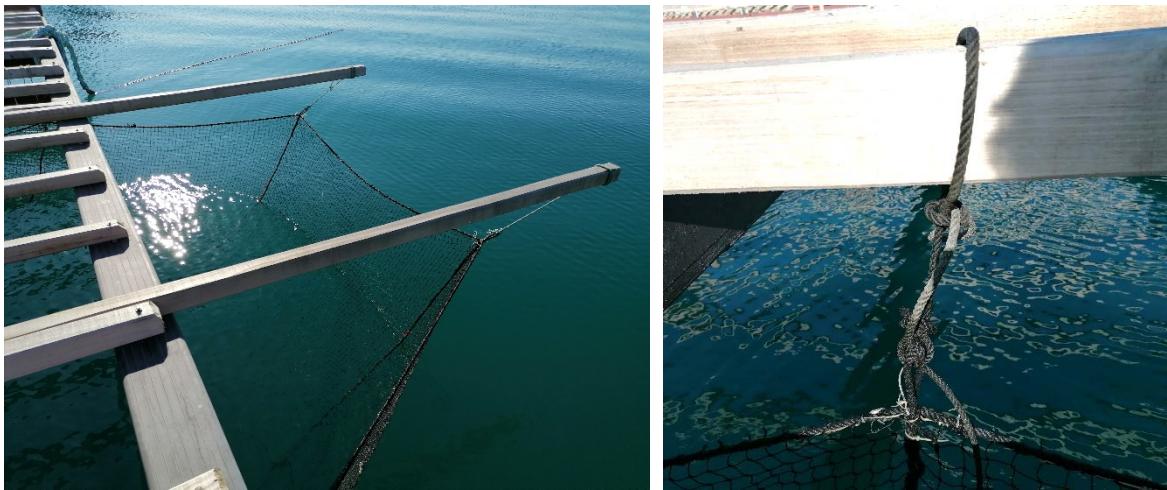


Figura 38. Izquierda: Extensión del puntón para maximizar la superficie de cultivo. Derecha: Detalle de la sujeción del copo en un en una batea Formex®Mixta

3.6.3. Seguridad y salud en el uso de la batea

Se recomienda leer el entregable D5.1, en el que se profundiza acerca de los conceptos de seguridad en cada una de las etapas del ciclo de vida de la batea, incluyendo el trabajo sobre la misma. Los principales aspectos que abarca el mismo son:

Seguridad a la navegación: Siendo un artefacto flotante es necesario su balizamiento para minimizar las probabilidades de colisión. El proceso de balizamiento depende de la zona, país y legislación.

Seguridad en el trabajo: Este factor es especialmente relevante en las plataformas flotantes, que se encuentran en continuo movimiento y en las que un resbalón puede suponer un golpe contra el puntón y la posterior caída al agua. Es especialmente relevante garantizar el mínimo deslizamiento de la superficie por la que se transita, que generalmente es el puntón. En ese sentido, las vigas Formex® se realizan con una textura superficial antideslizante que incrementa la adherencia y reduce el riesgo.

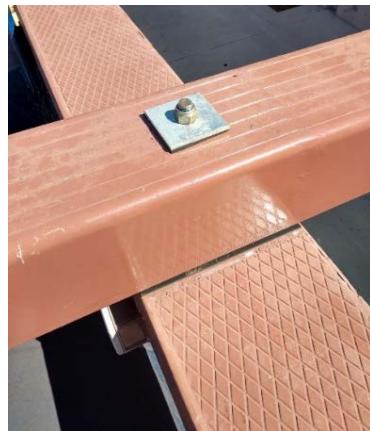


Figura 39. Conexión viga maestra y una viga de través Formex® con diferentes acabados superficiales

Con el uso de la batea, y especialmente cuando esta está muy cerca del agua, es posible que aparezca verdín y la superficie se vuelva muy deslizante. La experiencia con las vigas Formex® han probado que, al tener el material muy baja permeabilidad y ser inorgánico, se reduce la formación del verdín y se minimiza su arraigo en la viga, lo cual facilita la limpieza. Esta puede realizarse sin miedo a dañar el elemento por su elevada resistencia a la abrasión.



Figura 40. Verdín en vigas de madera (izquierda) y en vigas Formex® (derecha)

Además del verdín, hay otros factores que pueden hacer resbaladiza la estructura, como la acumulación de sal (figura 41, izquierda) o simplemente la humedad en el puntón (figura 41, derecha). Debe caminarse con precaución teniéndolos en cuenta para evitar accidentes.

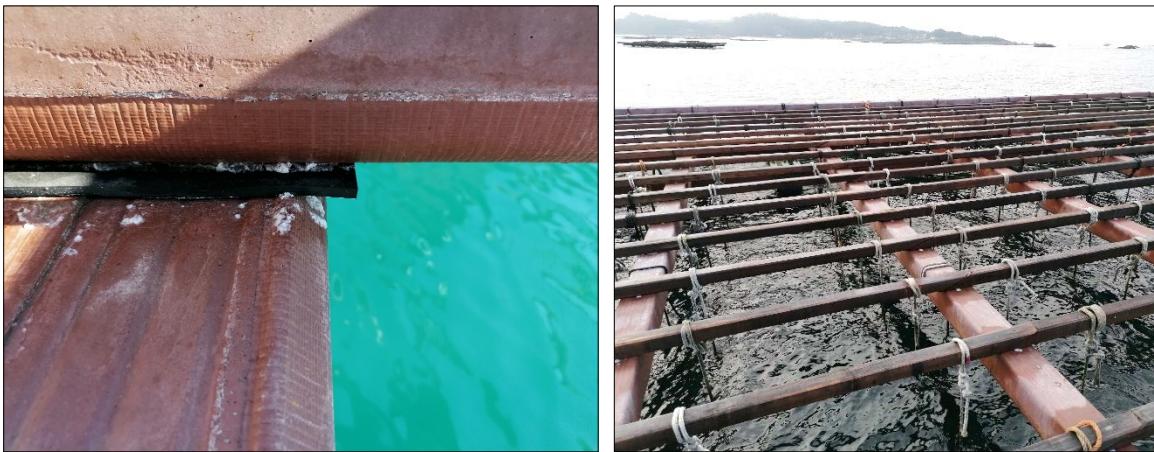


Figura 41. Precipitación de sal entre vigas Formex® (izquierda) y puntones de madera mojados por el impacto del oleaje (derecha)

En general los bateeiros experimentados caminan sobre la estructura pasando de puntón a puntón, pues la separación entre ellos es la adecuada. Cuando deben acceder a cuerdas alejadas de las vigas secundarias, van y vuelven desde ellas a la cuerda con el pie derecho en una línea de puntones, y el pie izquierdo en la contigua (figura 42).

Finalmente, hay que destacar que la casi nula absorción del Formex® evita los cambios volumétricos del material y así la aparición de holguras entre las uniones. Estas holguras sí se producen en las bateas de madera y derivan en desplazamientos relativos entre las piezas y un golpeo constante por las olas que aflojan los pernos y pone en riesgo la funcionalidad y la seguridad. Este problema de la batea de madera requiere un reapriete periódico que es especialmente necesario tras los temporales y que implica trabajar en condiciones marítimas adversas, lo que conlleva mayor riesgo para el trabajador.



Figura 42. Proceso de caminar sobre los puntones. Abrir los brazos para ganar equilibrio. Generalmente es más sencillo caminar sobre dos en lugar de sobre uno

4. Bibliografía

Para la redacción del presente documento se han tenido en cuenta las experiencias en el diseño y montaje de diferentes bateas Formex®, así como las referencias e información de las siguientes fuentes:

- [1] Helmer L, Farrell P, Hendy I, Harding S, Robertson M, Preston J. 2019. Active management is required to turn the tide for depleted Ostrea edulis stocks from the effects of overfishing, disease and invasive species. PeerJ 7:e6431 <https://doi.org/10.7717/peerj.6431>
- [2] Impulso, desarrollo y potenciación de la Ostricultura en España. Fundación Alonso Martín Escudero.
- [3] Ingeniería de la acuicultura marina. Cultivo de moluscos y crustáceos en el mar. J. Daniel Beaz Paleo. Fundación Observatorio español de Acuicultura (MAPAMA)
- [4] Unidades didácticas de acuicultura 4. Tecnología del cultivo del mejillón en Galicia. R. FILGUEIRA, L. G. Peteiro, M. J. Fernández Reiriz. Departamento de Fisiología, Nutrición y Cultivo de Moluscos Bivalvos (IIM-CSIC)
- [5] Cuadernos de acuicultura 8. Cultivo del mejillón. Antonio Figueras Huerta y Huerta y Beatriz Novoa. Fundación biodiversidad (MAPAMA)

Anexo I. Elementos que componen una batea

Existen diferentes modelos de bateas, pero todas ellas mantienen una serie de elementos básicos cuya función resulta necesaria para cualquier configuración. Los fundamentales se describen a continuación:

- Flotadores
- Vigas maestras
- Vigas a través
- Pontones
- Látigos
- Amarres
- Fondeos

Flotadores

En la actualidad, el sistema de flotación empleado en la mayoría de las bateas queda formado por entre 4 y 6 flotadores de acero, recubiertos con una protección de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

La configuración cilíndrica, con sus cierres en forma troncocónica, confieren al flotador las condiciones hidrodinámicas necesarias para la correcta navegación de la batea, aprovechando al máximo la flotabilidad de este y consiguiendo una correcta oscilación entre la condición de batea en vacío y con carga.

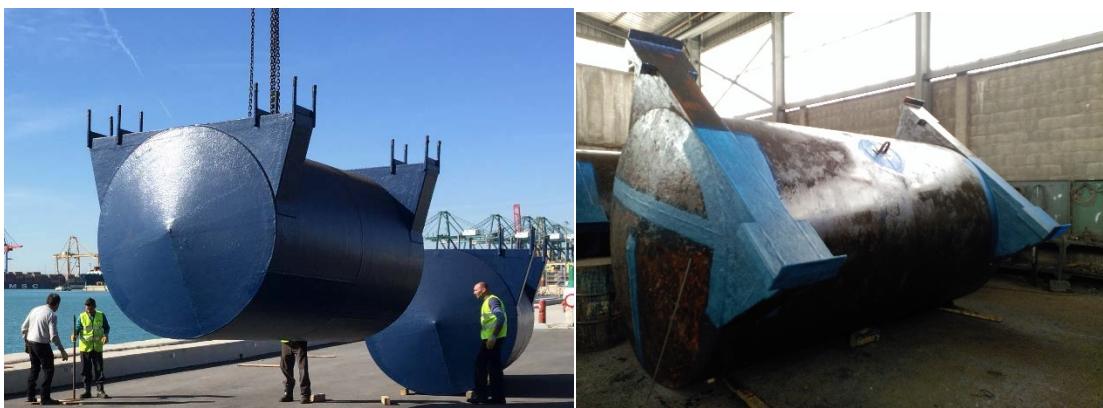


Figura 43. Flotadores de acero revestidos con poliéster y fibra de vidrio

Los flotadores quedan coronados por cajeras, que permiten una superficie plana en la que apoyar y anclar las vigas del emparrillado superior. El sistema de anclaje queda constituido por pernos de diámetros entre 40 y 60 mm soldados al flotador y con rosca en el extremo, entre los que se realizará el apoyo de las vigas maestras, quedando ancladas mediante la colocación de planchas de acero galvanizado y las correspondientes roscas.



Figura 44. Conexión entre flotador y viga maestra de una batea Formex®

La configuración habitual de estos flotadores consiste en alinear su lado largo, lateral del cilindro, con la dirección proa-popa, de esta manera se colocan sobre ellos 6 maestras, dos por flotador, alienadas entre proa y popa, suponiendo la base de navegación de la batea.



Figura 45. Ejemplo de esquema de 6 flotadores para una batea Formex® Mixta

En esta configuración, las vigas de las que cuelgan las cuerdas se encuentran alineadas con la dirección de flujo de las mareas.

Existen fundamentalmente dos variantes sobre esta configuración, en función de las condiciones de navegación (direcciones de corriente y vientos preferentes, o las corrientes de nutrientes).

Una de ellas supone la colocación de las maestras a través, modificando la geometría de las cajeras de los flotadores de manera que la viga apoya a lo largo de toda ella. En este tipo de bateas, el puntón queda en la dirección perpendicular al flujo de la marea.



Figura 46. Esquema de batea con maestras a través

Finalmente podemos encontrar la configuración de las denominadas bateas de proa, en las que los pontones también mantienen la dirección de flujo de marea, pero según la longitud mayor de la batea, generándose 2 alineaciones de flotadores de proa a popa.

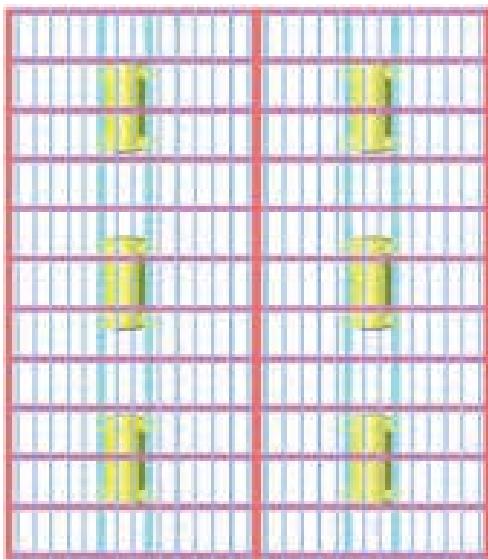


Figura 47. Esquema de batea de proa

Vigas maestras

Se colocan sobre los flotadores, dos por cada alineación de flotadores, formando la base resistente del emparrillado. Se trata de las vigas de mayor dimensión, puesto que deberán soportar los mayores esfuerzos y se encuentran en la posición de mayor exposición al agua de mar.

La solución estándar se resuelve con 6 vigas maestras de 20 metros, sobre las que se deberán anclar las vigas de través. En el caso de la batea de proa, para su dimensionamiento deberá tenerse en cuenta la mayor longitud de las vigas, con la consiguiente deformabilidad de la viga, y el reparto de cargas en las 3 líneas de flotadores.

Son los elementos del entramado con mayor complejidad para su reparación o sustitución, por lo que resulta imprescindible garantizar su correcto funcionamiento y durabilidad.



Figura 48. Montaje de vigas maestras en una batea Formex® Mixta

Tanto en emparrillados de madera con en los de vigas Formex®, la unión con las vigas de través superiores se realizará mediante un empresillado con barras roscadas (cabillas) pasantes uniendo ambas vigas en cada encuentro. El cierre se realiza mediante chapa y rosca, todo en acero galvanizado o inoxidable.

Los vuelos de las vigas maestras respecto al extremos del flotador podrán estar descompensados, en aquellas bateas con un solo amarre, o compensados en bateas con amarre en proa y popa. Las distancias entre borde de flotador y extremos de viga maestra serán de aproximadamente 2 metros en proa, o em ambas en soluciones de doble amarre, y 3 metros en popa.



Figura 49. Imagen de la conexión entre una viga maestra y una viga secundaria en la batea Formex®Mixta y en un emparrillado de madera

Vigas de través (o secundarias)

Estas vigas se colocan sobre las maestras, perpendicularmente a ellas. En la configuración estándar, serán de 27 metros y el número de vigas puede oscilar desde 8, en zonas con condiciones marítimas muy livianas, hasta 11 vigas, en emparrillados de madera en zonas de fuerte oleaje.

En las otras dos configuraciones se trabaja con vigas de 20 metros, y un total de entre 12 y 13 vigas cubriendo los 27 metros de viga maestra.

El reparto de vigas dependerá de la tipología de batea, dejando luces entre ejes de vigas que oscilan entre los 1.9 y 2.5 metros según configuración. Estas serán las distancias para salvar por lo puntones que se van a colocar sobre ellas.



Figura 50. Colocación de viga secundaria sobre las vigas maestras.



Figura 51. Conexiones sucesivas de las vigas de través a viga maestra en batea Formex®

Látigos

Colocados en amos extremos de las vigas de través, su misión es alinear los bordes de los costados del emparrillado y proteger a la batea durante los atraques de los barcos auxiliares. Los látigos son paralelos a las maestras en las bateas de proa y perpendiculares a las mismas en las de través. Constituyen la borda de la batea al ser las partes más exteriores de babor y estribor.

Su unión a las vigas de través se realiza mediante el mismo sistema de cabillas, chapa y rosca definido para las maestras.



Figura 52. Látigo en emparrillado de madera

Pontones

Los *pontones*, *puntones* o *cancos*, nomenclaturas según la zona, son los elementos del emparrillado donde se amarran las cuerdas de cultivo y las soportan. Son habitualmente listones de madera de eucalipto cuya sección varía entre 9x9 y 10x12 cm. Los pontones se instalan paralelamente a las vigas maestras, clavándose a las vigas de través mediante puntas de acero galvanizado. Alcanzan la longitud total de la alineación de estas en varios tramos. Las juntas entre tramos pueden hacerse en punta, anclando ambos extremos en el ancho de la viga, pero resulta perjudicial para la madera, dada la escasa distancia entre el clavo y el extremo.

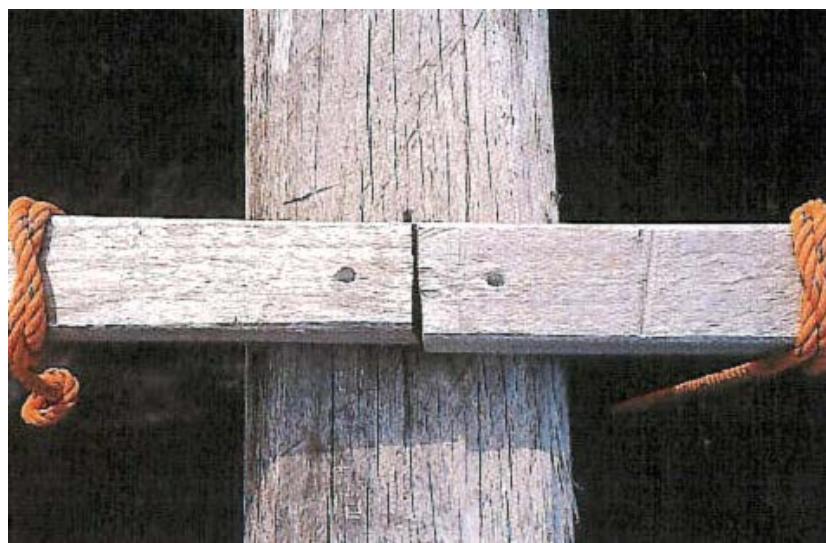


Figura 53. Unión de pontones en punta sobre viga de madera.

Un sistema con buen resultado resulta de cortar el extremo en bisel, solapando ambos extremos y clavando en dos puntos el tramo apoyado de ambas vigas.

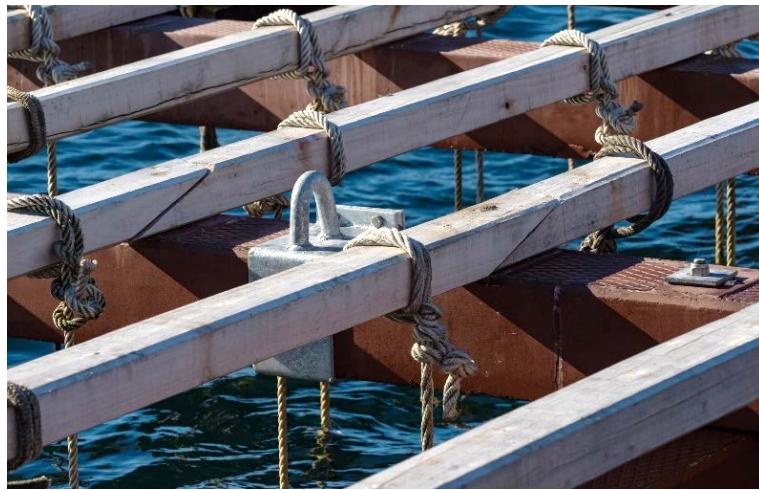


Figura 54. Unión de pontones en bisel sobre viga Formex®.

La separación entre pontones puede variar por zonas y por cultivos, oscilando en la batea tradicional gallega entre los 60 y los 80 cm para el cultivo de mejillón, entre los 25 y 50 cm para la ostra, o entre los 80 y 100 cm para el mejillón de la zona del mediterráneo. En todos los casos se trata de un equilibrio entre la necesidad de generar circulación de corriente entre las cuerdas y la productividad de la batea.

En la mayor parte de bateas de mejillón, sobre los pontones de proa se clava una línea de pontones transversalmente, sobre los que se colgarán las llamadas cuerdas de pesca, que tendrán la función de obtener cría de manera natural en los puntos de mayor afluencia de corriente.



Figura 55. Batea Formex® tras la instalación de los pontones

Vigas de amarre

La viga de amarre en las bateas de proa es similar a una de las maestras, se sitúa en crucía a lo largo de todo el emparrillado de proa a popa y tiene como misión adsorber los esfuerzos del sistema de fondeo.

En las vigas de madera se genera un tacón (extremo de mayor espesor) en la proa donde se cuelga el collar de la cadena, entre las dos primeras vigas de través de proa. Para evitar que el collar resbale se coloca un trozo de viga entre el borde de proa de la viga de amarre y el collar.



Figura 56. Amarre en emparrillados de madera.

En las bateas Formex®, para generar un elemento fungible y controlar ese desplazamiento de la cadena, se envuelve la viga de amarre con tablones de madera, colocando sobre ella uno en forma de cuña.



Figura 57. Viga de amarre Formex®.

La viga de amarre va unida con cabillas a las vigas de través, pudiendo hacerlo en 4 vigas, con amarre en un solo punto, o en la totalidad de las vigas, en soluciones con viga de amarre completa entre proa y popa.

La viga de amarre en las bateas de través es un trozo de viga, de sección similar a las maestras, que se coloca en la proa sobre las cuatro vigas de través centrales con el mismo sistema de encabillado.

Fondeos

El sistema de fondeo tiene una doble función: por un lado, debe mantener la batea en su posición dentro de la zona delimitada por la licencia, por otro lado, debe permitir una amortiguación frente a la oscilación del oleaje, la corriente y la marea, no suponiendo un anclaje rígido frente a los movimientos de esta.

El sistema habitual para alcanzar ambos objetivos consta de 3 elementos básicos: muerto, cadena y la propia viga de amarre, colocados según el siguiente esquema.

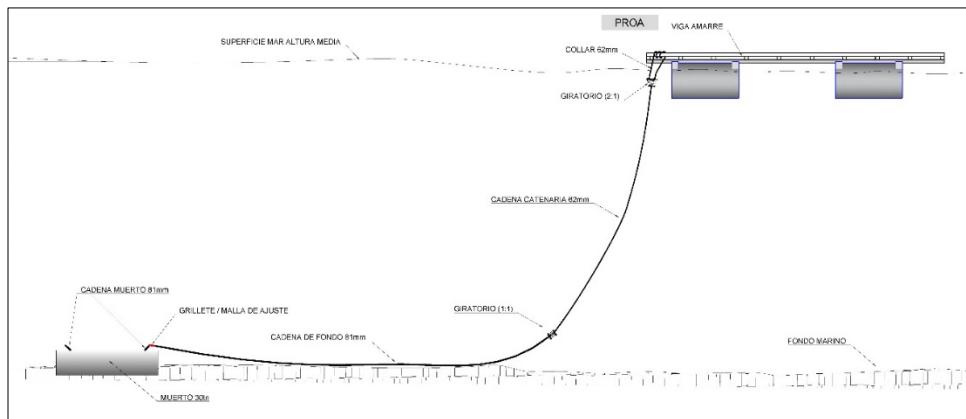


Figura 58. Esquema sistema de amarre para profundidades 35 m y fuerte oleaje.

El *muerto* suele estar constituido por un prisma de hormigón al que se le dejan ancladas unas argollas de acero, o al que se le deja embebido un tramo de cadena.



Figura 59. Imágenes muertos hormigón

La *cadena* es el elemento de unión entre la batea y el muerto. Cuatro son sus elementos principales: los grilletes, el collar, los grilletes de unión y el giratorio.

Los trozos de cadena que se utilizan se denominan grilletes o ramales, teniendo cada uno 25 metros de longitud y terminan en un tamaño de eslabón mayor, llamado malla real, que no tiene concreto para poder instalar el grillete de unión. El concreto evita la deformación de la malla y el liado de la cadena.

El grosor de las mallas va desde los 50 mm en los polígonos de menor profundidad hasta los 80 mm cuando se fondea con dos grilletes, ya que hay más profundidad. La longitud de la cadena suele ser de 1.5 a 2 veces la profundidad, llegando a 3 en zonas de fuerte oleaje, lo que permite contar con un tramo horizontal apoyado en el terreno al final de la catenaria, que transmite el tiro de la corriente sobre la batea como fuerza horizontal al muerto, evitando la componente vertical ascendente sobre el mismo, que reduciría su rozamiento con el sustrato. El peso de la cadena a lo largo de la catenaria actúa por tanto como desviador.

El collar es el trozo de cadena que se sujet a la viga de amarre y luego cuelga con sus dos chicotes en el mar. En estos chicotes se engrilleta el giratorio. Su tamaño puede ser igual a la cadena del muerto o un poco más pequeño. En el amarre se le suelen dar dos vueltas a la cadena.

En zonas a resguardo, en las que el efecto de oleaje y corrientes es de menor intensidad, la cadena del collar se puede sustituir por una estacha de nylon.



Figura 60. Cadena de grilletes y ejemplo de collar de estacha de nylon

El giratorio es fundamental para que la cadena trabaje adecuadamente, ya que elimina sus vueltas que por la marea y los vientos tiene que realizar. A veces se instalan dos giratorios para minimizar el peso que deben soportar y facilitar su misión.



Figura 61. Eslabones, grilletes y giratorio

Summary of the UHC rafts user guide (English)

1. Scope of the user guide

This Farming Guide is elaborated to support the farmers in the use of the Formex® rafts, whatever is their geometry and features. Almost all the procedures can be also applied to the traditional wooden farm. The guide covers the use of the raft to harvest different species, their different farming steps and different raft configurations. The information regarding health and safety is completed with the detailed information provided at Deliverable 5.1, which is also public and is named *Maritime and Operational safety Guide*.

2. Mussel harvesting process

The complete cycle of mussel farming in raft or intensive floating structure is shown at figures 1 and 2. Both options are valid, and their suitability depends on the characteristics of each area, shellfish demanded in the region and business model desired by the farmer. The cycle with unfolding has generally a duration of 18 months, while without unfolding it takes 9 months. The steps are summarized in the next sections.

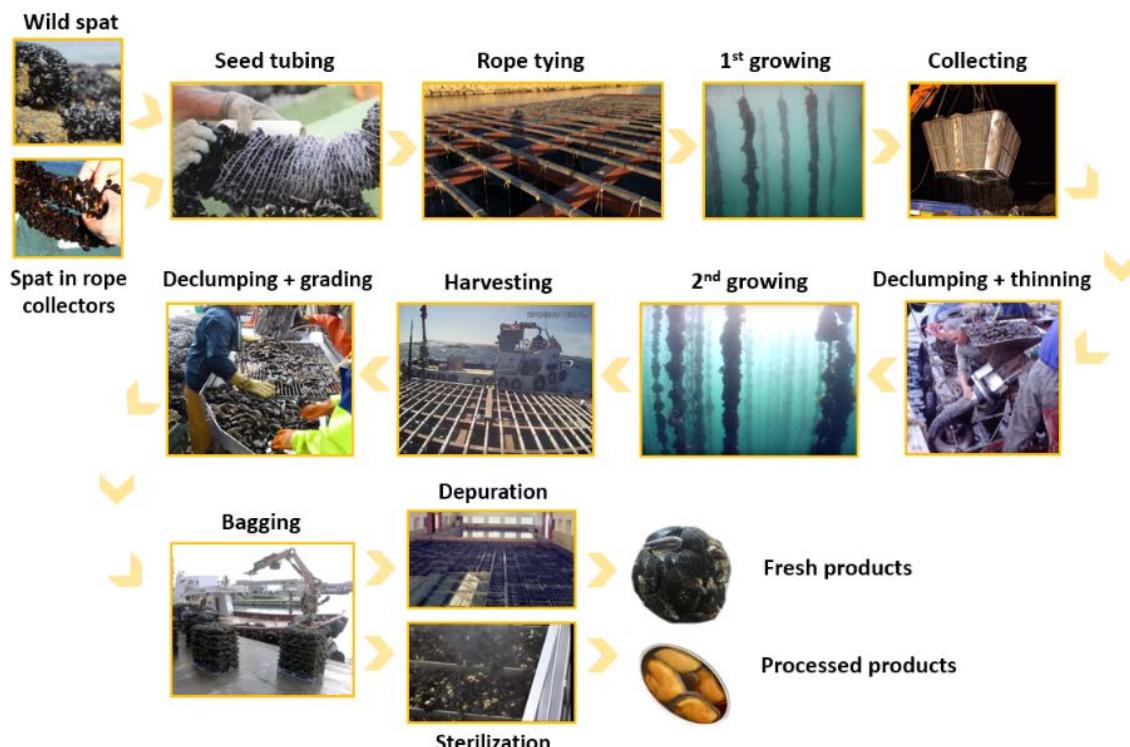


Figure 1. Mussel-growing cycle with unfolding. Compilation based on photos from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaitech SL

Cycle without unfolding (≈ 9 months)



Figure 2. Mussel-growing cycle without unfolding. Compilation based on photos from RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL and Gaiotech SL

Seed collection in rocks: It is collected in the rocks where the larvae from the spawning got attached. This is a simple and easy option in regions where there is a significant natural growth.



Figure 3. Mussel spat from rocks (left) and mussel spat in a collector rope (right, from Ipac Acuicultura)

Use of spat collectors: It is based in allocating collector ropes in the rafts during the spawning season of the mussel (during the whole year, with relevant peaks in spring and autumn).

2.1. Tubing

The tubing is the process of introducing the seeds in biodegradable nets along a rope. In the tubing approximately 1.5 to 1.75 kg of seeds are introduced per linear meter or rope. The rope used generally has sticks, avoiding the falling of the harvest due to the initial absence of grip.



Figure 4. Manual tubing. Obtained from Ramón Franco

2.2. Pre-growing

After the tubing of the mussel or its growth in the collector rope, the rope grows in the raft to reach between 4 or 5 cm. This process takes between 4 and 6 months in the case that they will be unfolded, or approximately 9 months in case that the mussel will be collected directly to be sold.

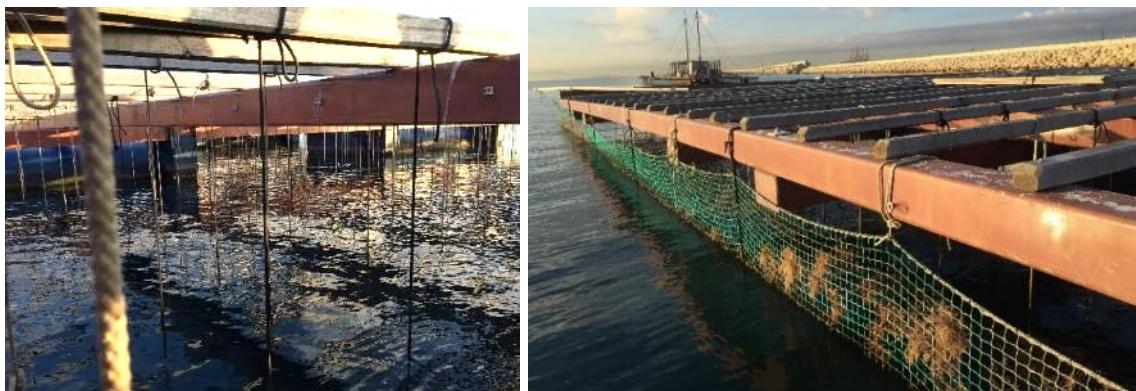


Figure 5. Pre-growing in a Formex® raft in Valencia. In this step of the growing cycle it is especially relevant to protect the harvest with a net in the areas where the spat is scarce or absent in the natural environment

2.3. Unfolding

This process consists of the separation of the mussel from a rope to allocate it in more ropes with lower density. This reduces the concentration of the harvest and let it grow faster. The mussels that were in one rope are after the unfolding distributed in 2 or 3 ropes.

The mussel is released, its clusters are separated, and it is tubed again with lower density. In this case, the tubing is done after a classification by size using a classifier table to have a more homogeneous harvest. Again, the net used for the tubing is biodegradable.

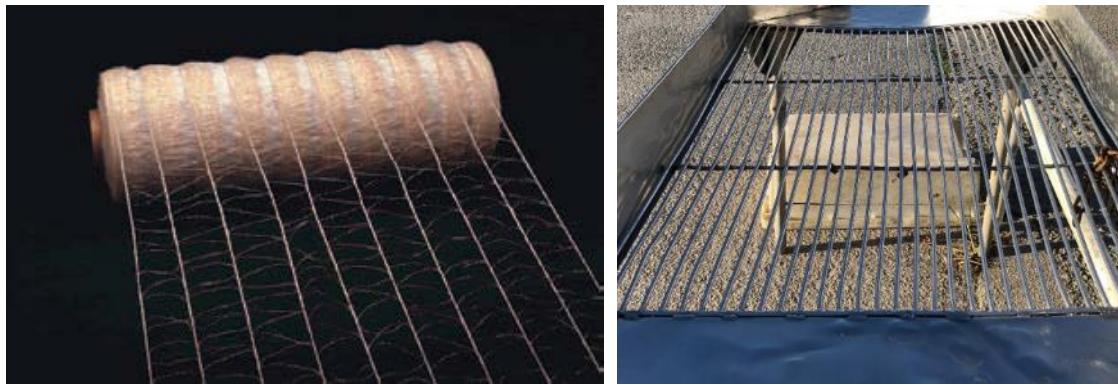


Figure 6. Left: Net for the unfolding. Right: Classifier table

2.4. Growing

In the growing process the ropes are tied to the joists and then the mussel starts to grow. The optimum distance between ropes depend on factors as the location, nutrients and strategy of the farmer, being usual a distance between 1 and 1.5 m in one direction, and 70 cm in the other. The last distance is the separation between lines of joists. The ropes stay in the raft until reaching the required size for their use, always larger than 50 mm, and considering that a bigger size implies more meat of mussel, and thus higher price in the market.

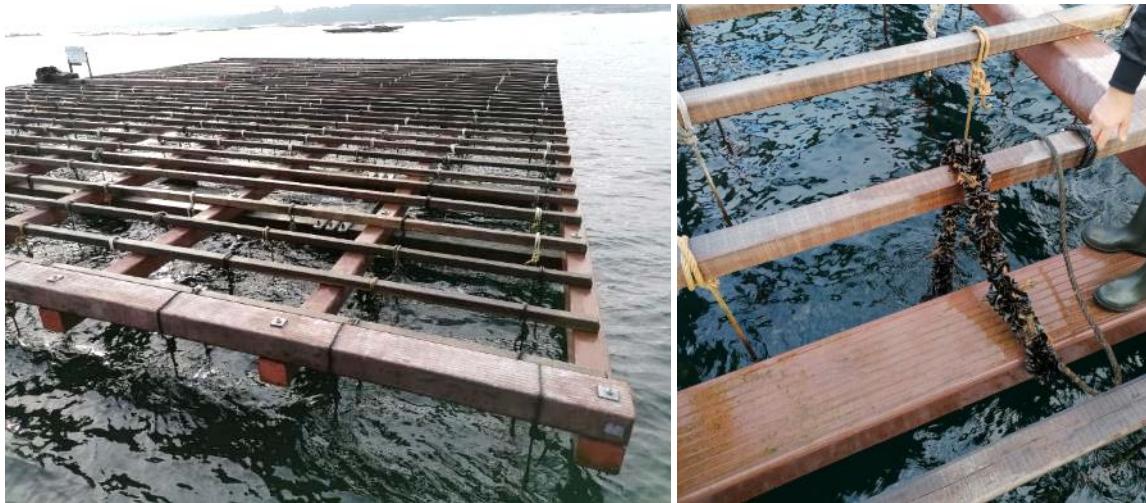


Figure 7. Formex® raft with mussel ropes hanging during the growing phase (left). Rope just after starting the growing process (right)

2.5. Harvest

When the optimum moment for the harvest arrives, the whip is loosened, and the rope drops on the hamper. Some hampers have a brush to directly extract the mussels from the ropes over them. After this, the mussels are classified by size for their commercialization.



Figure 8. Mussel harvesting (left). Bagged production after landing in the port (right)

3. Oyster harvesting process

The oyster farming is relatively more complex than the farming of mussels due to the difficulty of having oyster spat in significant amounts. This can be done in hatcheries, as they guarantee the optimum conditions to complete the reproductive cycle of the mollusc. The typical cycle of farming oysters is shown at figure 9, and each step is described as follows.

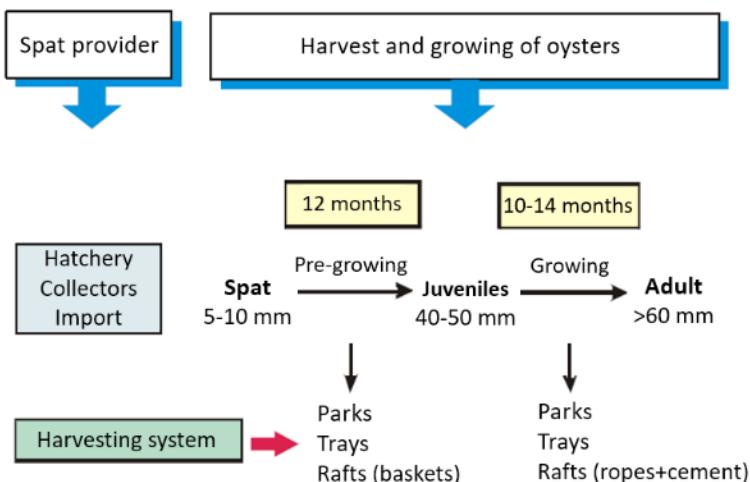


Figure 9. Most common scheme of the flat oyster farming

3.1. Pre-growing

This first step is performed in hatcheries. There, the whole reproductive cycle of the oyster is controlled: The oyster reproduction, the larval growth, and finally the pre-growing of the seeds to reach the size required for its transfer to the exterior installations.

In the pre-growing process carried out in baskets it is relevant to control the fouling phenomena, as it may block the holes of the surface and prevent the entrance of nutrients for the molluscs.



Figure 10. From left to right: Hatcheries of forced flow circulation, Flupsy system and pre-growing baskets

3.2. Growing

The growing step starts with the allocation of the oyster juveniles in a specific farming system (park, raft, trays...) in the sea. One of the most used procedures due to its high growing ratio is the cementing of the oyster to a rope. This system involves attaching the oysters to the rope using a special cement and keeping a distance of approximately 20 cm.



Figure 11. Left: Lanterns for the pre-growth of the oyster (Oceanvision). Right: Cementing of the oyster to the rope (web www.valenciaplaza.com)

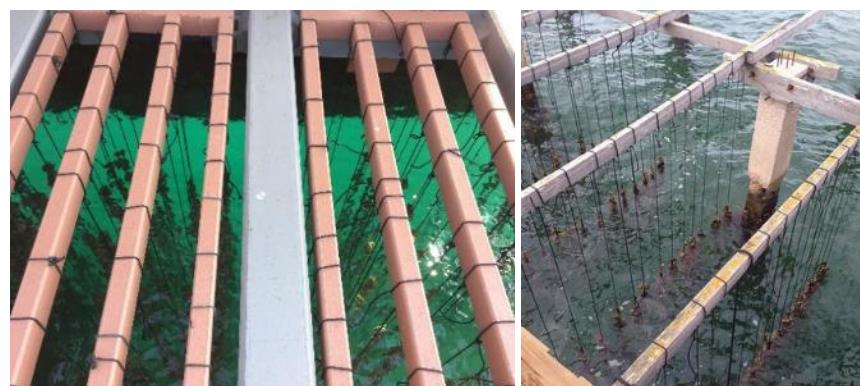


Figure 12. Oyster harvesting in a Formex® Oyster raft and oyster farming on a fixed structure

3.3. Harvesting

The harvesting of the oyster starts when it reaches the required size to be commercialized. The period between its cementing and its harvesting can be between 12 and 18 months.

4. Good practices in the use of floating structures

4.1. Good environmental practices

Assembling of the structure: It is convenient that during the process of assembling the Formex® structures, the possible waste generated (some plastic pieces and eucalyptus-timber ends from cutting the joists) is controlled and adequately managed.



Figure 13. Left: Plastic waste in the Formex® raft after screwing the connection and before their collection.
Right: Timber ends collected after assembling the joists

The material with the structure under service: The type of material used for the construction of the structure must be considered in terms of sustainability. In the case of the Formex® beams, the material compactness implies that it is not needed to protect it during its lifespan. There is no lixiviation due to the absence of pores that let the water or the gasses reach the steel reinforcement.



Figure 14. Left: Primary beam in a Formex® raft. Right: Wooden beams protected with paint

In the Formex® raft is required, as in any other raft, to inspect the floaters and joists periodically:

Floater: It is unavoidable that certain fouling appears in its surface certain time after its installation. A normal frequency to remove the fouling is every 12 months.

Joists: They are generally made of wood, so they can occasionally suffer a brittle crack after screwing the bolt (figure 15, right). In these cases, if it is possible that the joist suffers a brittle crack it is better to replace et. Besides, every 15-20 years it may be necessary to replace them.



Figure 15. Floater with fouling (left). Right: Joist with a significant crack along its axis, generated by a screw

The end of life of the structure

The most significant environmental issue of the rafts arrives at the end of their lifespan, when the decommissioning of the structure should take place. In the case of the Formex® beams, the decommissioning (after approximately 50 years) should be managed by a specialized company, despite that Formex® is not toxic or harmful. The Formex® beams can be re-used for roofing, urban furniture, etc, or can be recycled following the process of the reinforced concrete structures.

4.2. Harvest protection

The product farmed should be protected from predators using a basin-shape protecting net, which is hanged along the perimeter of the raft avoiding their access to the harvest. The most adequate is to install it before the ropes to facilitate the installing process. It should have some weights in the perimeter to assure that it is tight and avoid that it gets wounds up with the harvest. Finally, it needs to be periodically inspected to avoid its obstruction with the organic matter (fouling).

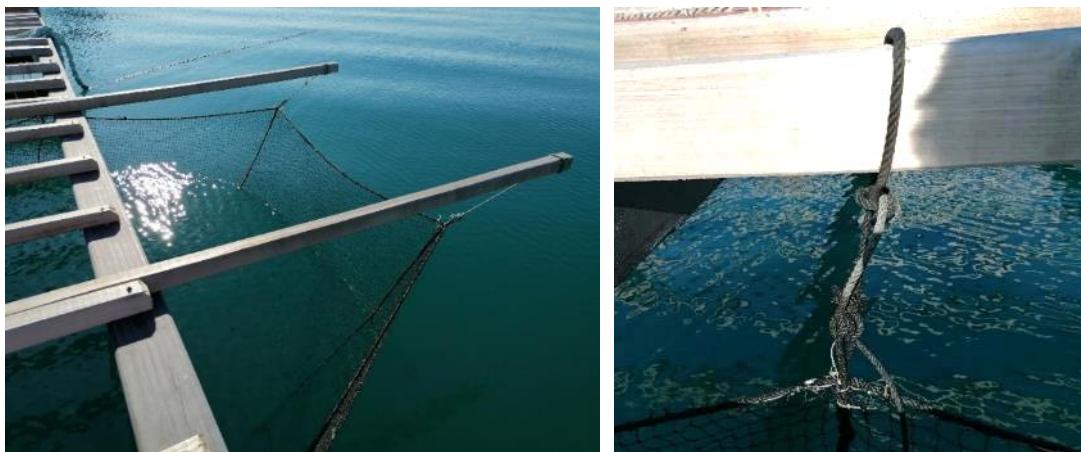


Figure 16. Left: Protecting net installed. Right: Detail of the knot to hang the net from a joist

4.3. Health and Safety in the use of the raft

It is recommended to read Deliverable 5.1 (public), where the different concepts of safety and health are widely explained for any of the lifetime steps of a Formex® raft.

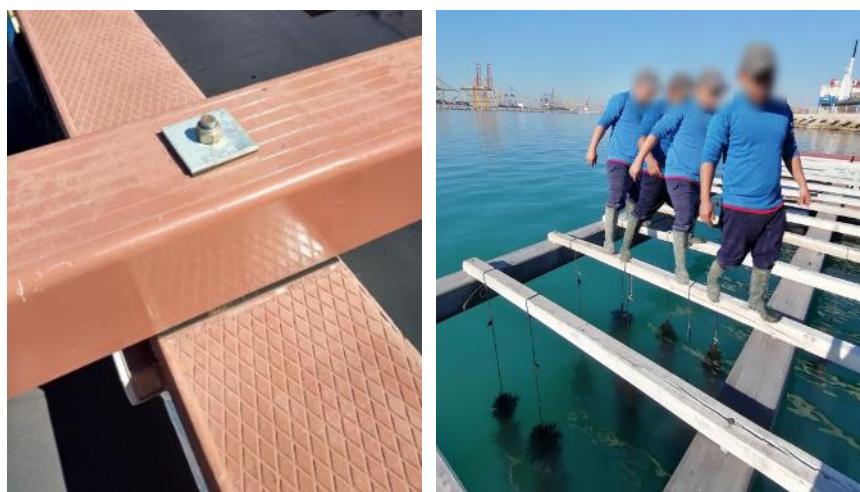
In terms of occupational safety, it is relevant to guarantee a reduced slipping of the surface that the farmers use to walk (mostly the joist). For this reason, the Formex® beams are produced with a surface texture that increases the grip of the boots of the farmer and, thus, reduces the risks.

Besides, with the use of a raft it is possible that the “verdín” (green organic layer) appears and the surface becomes slippery. In the Formex®, which has extremely low porosity and is inorganic, the appearing of “verdín” is reduced and its entrenchment to the beams is minimal. This facilitates its removal, which can be done without fear of damaging the beam due to its high abrasion resistance.



Figure 17. “Verdín” in wooden beams (left) and in Formex® beams (right)

There are other factors that may cause that the beams are slippery, as the accumulation of salt or the moisture of the joists. The farmer should walk carefully on them to avoid suffering accidents. Generally, the experienced farmers walk across the rafts stepping in the joists, as their separation is adequate (figure 18).



*Figure 18. Left: Connection between a primary and secondary Formex® beams with different Surface finishing
Right: Most used walking style on the raft, stepping on two adjacent lines of joists*

Résumé du mode d'emploi des radeaux UHC

(français)

1. Champ d'application du mode d'emploi

Ce Manuel d'élevage est destiné à aider les aquaculteurs dans leur utilisation des radeaux Formex®, quelles qu'en soient leur forme ou leurs caractéristiques. Presque toutes les procédures peuvent également être appliquées à un élevage traditionnel en bois. Ce guide aborde l'emploi du radeau dans l'élevage de diverses espèces, les différentes étapes de leur élevage et les différentes configurations de radeau. L'information en matière de santé et de sécurité est complétée par les renseignements fournis au chapitre Produit 5.1 du *Guide de sécurité maritime et opérationnelle*, en accès libre.

2. Processus de mytiliculture

Le cycle complet de mytiliculture en radeau ou structure flottante intensive est présenté aux figures 1 et 2. Les deux options sont valables et leur convenance dépend des caractéristiques de chaque lieu, coquillage demandé dans la région et modèle commercial recherché par l'aquaculteur. En général, le cycle avec captage dure 18 mois, alors que sans captage il ne prend que neuf mois. Les étapes sont résumées dans les prochaines sections.



Figure 1. Cycle de mytiliculture avec captage. Compilation basée sur des photographies de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL et Gaitotech SL

Cycle sans captage (≈ 9 mois)

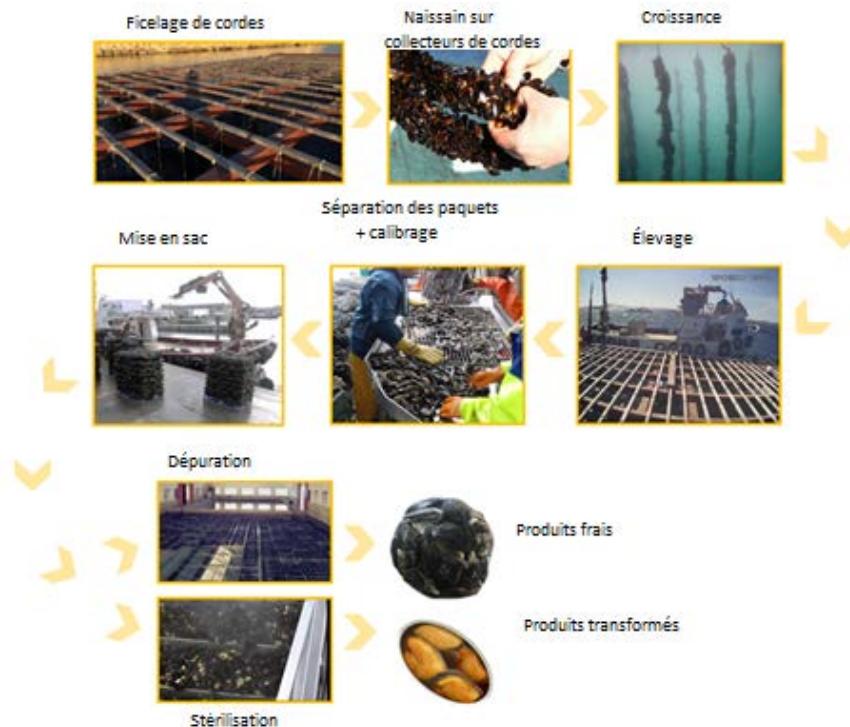


Figure 2. Cycle de mytiliculture sans captage. Compilation basée sur des photographies de RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL et Gaictech SL

Captage des larves dans les rochers : Après la ponte, les larves sont récoltées sur les rochers sur lesquels elles se sont attachées. Il s'agit d'une option de toute facilité dans les régions jouissant d'une croissance naturelle considérable.



Figure 3. Naissain de moules de rochers (gauche) et naissain de moules de corde de captage (droite, d'ipac Acuicultura)

Emploi de collecteurs de naissain : Basé sur la répartition des cordes de collecte entre les radeaux pendant la saison de reproduction de moule (tout au long de l'année, avec des pics remarquables au printemps et en automne).

2.1. Élevage sur filières

L'élevage sur filières consiste à introduire les larves dans des filets biodégradables le long d'une corde. Ces filières accueillent entre 1,5 et 1,75 kg de larves environ par mètre linéaire ou corde. La corde généralement employée est dotée de bâtons, évitant ainsi toute perte de récolte en l'absence d'accrochage initial.



Figure 4. Élevage sur filière à la main. Courtoisie de Ramón Franco

2.2. Précroissance

Après l'élevage sur filière de la moule ou sa croissance sur corde de collecte, la corde grossit dans le radeau pour atteindre 4 à 5 cm. Ce processus prend entre 4 et 6 mois si les moules ont été captées, et environ neuf mois si elles ont été récoltées directement en vue d'être vendues.

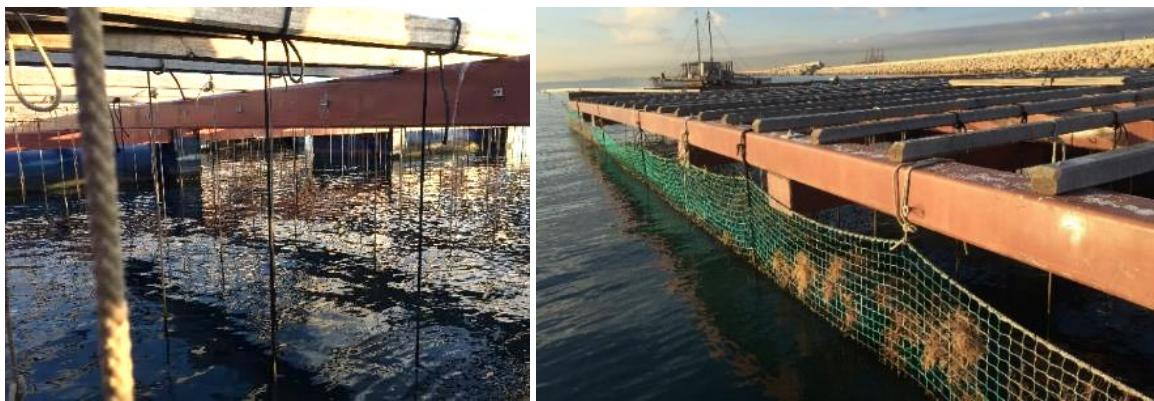


Figure 5. Précroissance dans un radeau Formex® à Valence. À cette étape du cycle de croissance, il est fondamental de protéger les larves avec un filet dans les endroits où le naissain est soit limité, soit absent du milieu naturel

2.3. Captage

Ce processus consiste à séparer les moules de leur corde pour les répartir sur d'autres cordes à densité plus faible. L'élevage est donc moins dense et peut ainsi se développer plus vite. Après le captage, les moules d'une seule corde sont réparties sur deux ou trois cordes.

Les moules sont relâchées, leurs amas sont séparés, et elles sont captées à nouveau de manière plus dispersée. Dans ce cas, le captage est réalisé une fois la catégorisation par taille effectuée selon un tableau de catégorisation afin d'avoir un élevage plus homogène. Une fois de plus, le filet employé pour le captage est biodégradable.

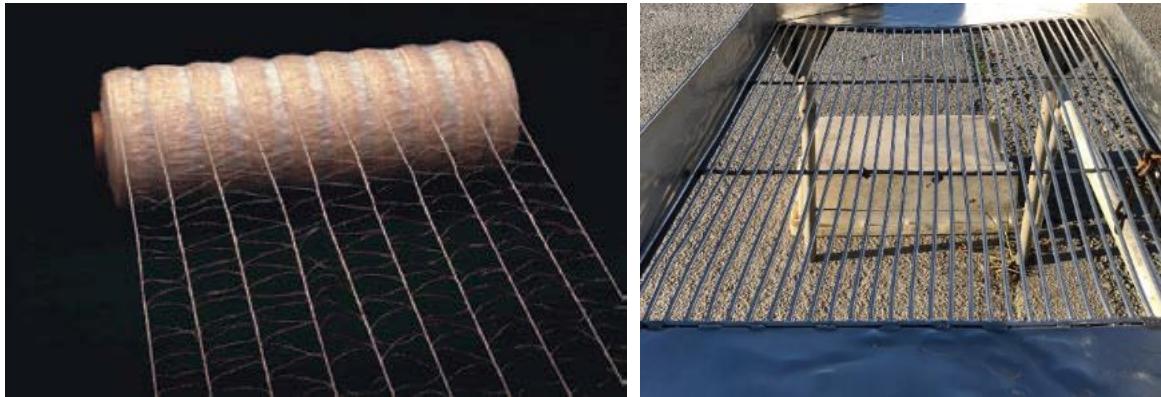


Figure 6. Gauche : Filet pour le captage. Droite : Tableau de catégorisation

2.4. Croissance

Lors du processus de croissance, les cordes sont attachées à des pieux et les moules entrent en croissance. La distance idéale entre les cordes dépend de critères tels que le lieu, les nutriments et la stratégie de l'aquaculteur, la distance habituelle étant de 1 à 1,5 m dans un sens, et 70 cm dans l'autre. La dernière distance est l'écart entre les rangées de filières. Les cordes restent dans le radeau jusqu'à ce qu'elles atteignent leur taille d'emploi requise, toujours supérieure à 50 mm, et en gardant à l'esprit que plus elle est grande, plus les moules sont charnues, et donc plus leur prix sera élevé sur le marché.

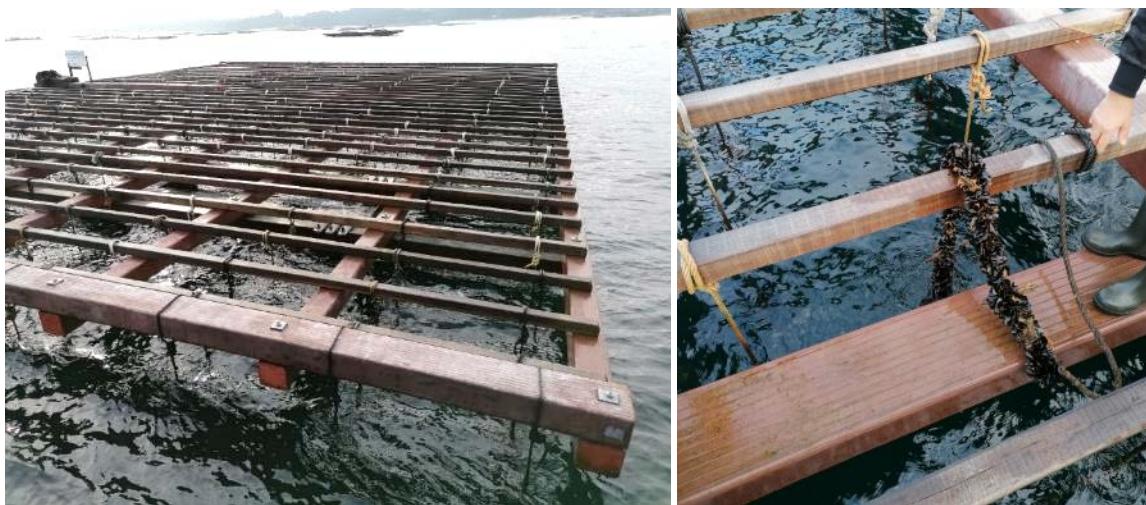


Figure 7. Radeau Formex® avec cordes de moules pendant la phase de croissance (gauche). Corde juste après l'entrée en phase de croissance (droite)

2.5. Élevage

Une fois venu le moment idéal pour l'élevage, la sangle est desserrée et la corde tombe dans le panier. Certains paniers contiennent des brosses pour ôter directement les moules des cordes au-dessus d'elles. Puis, les moules sont catégorisées par taille afin d'être commercialisées.



Figure 8. Mytiliculture (gauche). Production mise en sac dès son arrivée au port (droite)

3. Processus d'ostréiculture

Les difficultés à collecter le naissain d'huitre en quantités considérables rendent l'ostréiculture relativement plus complexe que la mytiliculture. Cela peut être accompli en éclosseries, car elles assurent les conditions idéales pour compléter le cycle reproductif du mollusque. Le cycle type de l'élevage d'huitres est montré à la figure 9, et chaque étape est définie comme suit.

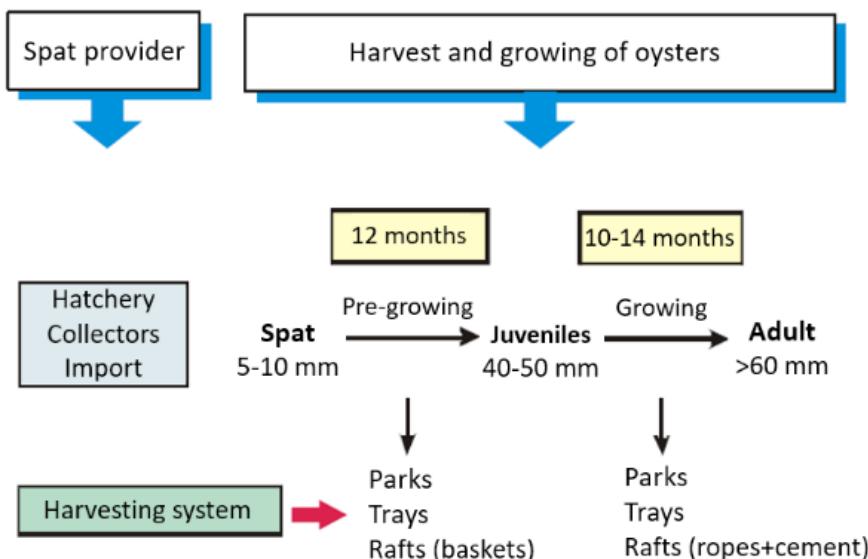


Figure 9. Plan d'élevage d'huitres plates le plus courant

3.1. Précroissance

La première étape est accomplie en éclosseries. Le cycle reproductif entier de l'huître est alors suivi : la reproduction de l'huître, la croissance larvaire et enfin la précroissance des larves pour atteindre la taille requise pour leur transfert vers des installations externes.

Lors du processus de précroissance effectué en paniers, il est essentiel de contrôler le phénomène d'enrassement, étant donné qu'en bouchant les trous à la surface, il peut empêcher l'apport des nutriments à ces mollusques.



Figure 10. De gauche à droite : Éclosseries avec circulation à flux forcé, système Flupsy et paniers de précroissance

3.2. Croissance

L'étape de croissance commence par la répartition de jeunes huîtres entre des systèmes d'élevages particuliers (parcs, radeaux, tables...) en mer. Le cimentage d'huîtres à une corde est devenu l'une des procédures les plus employées grâce à sa forte expansion. Ce système implique l'attache d'huîtres à une corde à l'aide d'un ciment spécial en gardant une distance d'environ 20 cm.



Figure 11. Gauche : Lanternes pour précroissance des huîtres (Oceanvision). Droite : Cimentage d'huître à une corde (site Web : www.valenciaplaza.com)



Figure 12. Élevage d'huîtres dans un radeau à Huitre Formex® et élevage d'huîtres en structure fixe

3.3. Élevage

L'élevage d'huître commence dès qu'elles atteignent la taille requise pour être commercialisées. La durée entre le cimentage et l'élevage peut s'élever entre 12 et 18 mois.

4. Bonnes pratiques d'utilisation des structures flottantes

4.1. Bonnes pratiques environnementales

Assemblage de la structure : Lors du processus d'assemblage des structures Formex®, il serait adéquat de réguler et traiter convenablement les éventuels déchets générés (des parties en plastique et des extrémités de bois d'eucalyptus résultant des découpes de pieux).



Figure 13. Gauche : Déchets plastique dans le radeau Formex® après avoir visé le raccordement et avant leur récolte. Droite : Extrémités de bois récupérées après l'assemblage des pieux

Le matériel destiné à l'entretien de la structure : Le type de matériel employé dans le cadre de la construction de la structure doit être envisagé sous l'angle de la durabilité. Dans le cas des poutres Formex®, la compacité du matériel implique qu'il est inutile de les protéger lors de leur cycle de vie. En l'absence de pores permettant à l'eau ou au gaz d'atteindre les renforts en acier, il n'y a aucune lixiviation.



Figure 14. Gauche : Poutre primaire d'un radeau Formex®. Droite : Poutre en bois protégée par de la peinture

Comme dans tout autre radeau, le radeau Formex® exige l'inspection régulière des flotteurs et pieux :

Flotteur : Inévitablement, sa surface sera quelque peu encrassée un certain temps après son installation. Le décrassage s'effectue normalement tous les 12 mois.

Pieux : Ils sont généralement faits en bois, et peuvent donc occasionnellement subir une fissure friable une fois les écrous vissés (figure 15, droite). Dans ces cas, s'il est possible que le pieu subisse une fissure friable, il vaudrait mieux le remplacer. De plus, il pourrait s'avérer nécessaire de les remplacer tous les 15-20 ans.



Figure 15. Flotteur encrassé (gauche). Droite : Pieu traversé dans la longueur par une importante fissure, provoquée par une vis

La structure en fin de vie

À l'égard des radeaux, le problème environnemental le plus considérable arrive en fin de cycle de vie, alors que la structure devrait être démantelée. Dans le cas des poutres Formex®, le démantèlement (après 50 ans environ) devrait être pris en charge par une entreprise spécialisée, malgré le fait que Formex® ne soit ni toxique ni nocif. Les poutres Formex® peuvent être réutilisées dans la toiture, le mobilier urbain, etc. ou bien être recyclées en fonction du processus des structures de béton renforcées.

4.2. Protection de l'élevage

Le produit de la culture devrait être protégé des prédateurs à l'aide d'un filet de protection concave, suspendu autour du périmètre du radeau afin d'éviter qu'ils n'accèdent à l'élevage. Il vaudrait mieux l'installer avant les cordes afin de faciliter le processus d'installation. Des poids pourraient s'avérer nécessaires dans le périmètre afin d'assurer qu'il soit serré et d'éviter qu'il ne s'emmèle à l'élevage. Enfin, il devra être inspecté régulièrement pour éviter qu'il ne soit encombré par des matières organiques (encrassement).



Figure 16. Gauche : Filet de protection installé. Droite : Détail du nœud pour attacher le filet à un pieu

4.3. Santé et sécurité à l'usage du radeau

Il est recommandé de lire Produit 5.1 (accès libre), où les différents concepts de sécurité et de santé sont pleinement expliqués à chaque étape du cycle de vie du radeau Formex®.

En sécurité professionnelle, il est pertinent d'assurer une réduction du dérapage de la surface parcourue par les aquaculteurs (surtout les pieux). C'est pourquoi les poutres Formex® sont fabriquées avec une texture de surface augmentant l'adhérence des bottes des aquaculteurs, et donc de réduire les risques.

De plus, l'emploi du radeau peut engendrer l'apparition de « verdín » (couche verte organique) et rendre la surface glissante. Avec le radeau Formex®, à la fois minéral et à la porosité extrêmement réduite, l'apparition de « verdín » est réduite et son ancrage aux poutres est minimal. Cela facilite son retrait, qui peut s'effectuer sans souci d'endommager les poutres dû à sa forte résistance à l'abrasion.



Figure 17. « Verdín » sur poutres en bois (gauche) et poutres Formex® (droite)

D'autres facteurs peuvent rendre les poutres glissantes, comme l'accumulation de sel ou l'humidité des pieux. Les aquaculteurs devraient marcher dessus avec prudence pour ne pas subir d'accident. En général, les aquaculteurs expérimentés traversent les radeaux en marchant sur les pieux, étant donné que leur écart est convenable (figure 18).

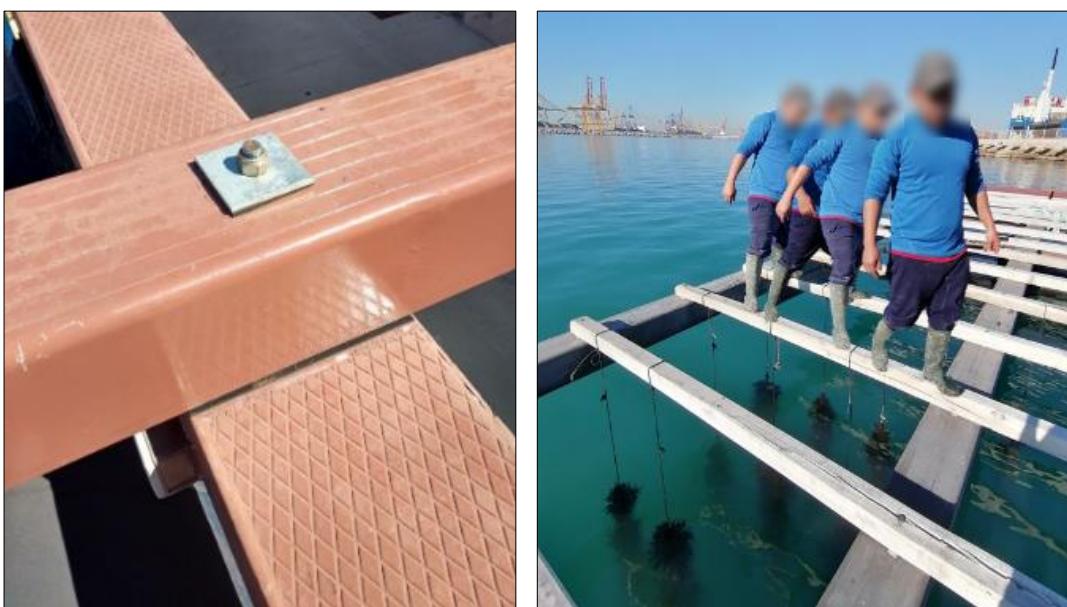


Figure 18. Gauche : Raccord entre une poutre primaire et secondaire Formex® avec une finition de surface différente (droite) : La façon de marcher la plus courante sur le radeau : marcher sur deux rangées de pieux adjacents

Rezime uputstva za korisnike UHC platformi

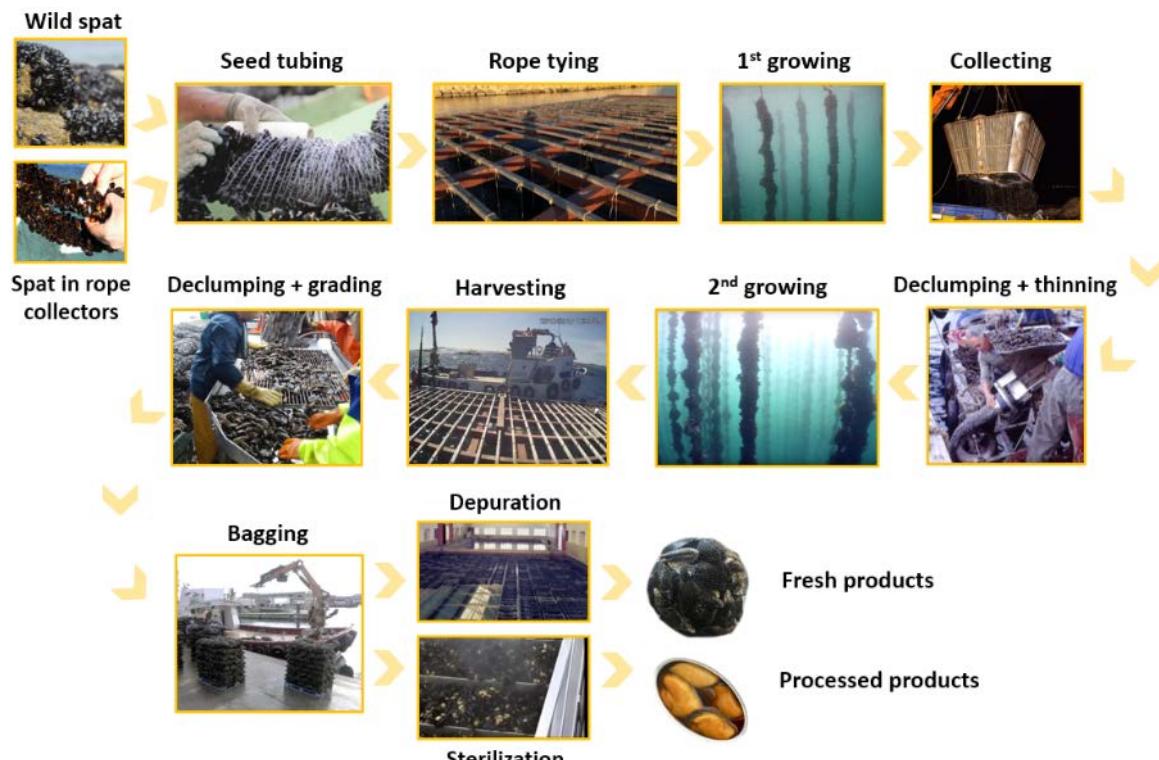
(srpski, crnogorski, hrvatski)

1. Sadržaj uputstva za korisnike

Ovo uputstvo napravljeno je za podršku uzgajivačima koji koriste Formex® platforme, nezavisno od njihove geometrije i karakteristika. Skoro svi ovi procesi mogu se primeniti na tradicionalne drvene platforme. Uputstvo sadrži instrukcije za korišćenje platforme za skupljanje različitih vrsta, za različite faze tokom uzgoja i podešavanja platforme. Podaci vezani za zdravlje i bezbednost dopunjeni su detaljnim informacijama iz *Deliverable 5.1*, koji je dostupan javnosti pod imenom *Maritime and Operational safety Guide*.

2. Proces sakupljanja dagnji

Čitav proces uzgoja dagnji na platformi, odnosno kako plutajućoj strukturi, prikazan je na slikama 1 i 2. Oba načina su valjana i njihova pogodnost zavisi od karakteristika područja, potražnje za školjama u tom području i modela poslovanja uzgajivača. Proces sa razređivanjem uglavnom traje 18 meseci, dok proces bez razređivanja uglavnom traje 9 meseci. U narednim odeljcima objašnjene su sve faze.



Slika broj 1: Proces uzgoja dagnji sa razređivanjem, na osnovu fotografija firmi RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL i Gaictech SL

Proces bez razređivanja (\approx 9 meseci)



Slika broj 2. Proces uzgoja dagnji bez razređivanja, na osnovu fotografija firmi RDC, La Voz de Galicia, IPAC Acuicultura, Ramón Franco SL i Gaitech SL.

Sakupljanje mlađi sa kamenja: Sakuplja se u stenama gde su se larve nakon mresta prikačile. Ovo je jednostavna opcija u područjima gde postoji jak prirodni rast populacije dagnji.



Slika broj 3: Mlađ dagnji na kamenju (levo) ili u kolektoru (desno, slike firme Ipac Acuicultura)

Upotreba kolektora: Kolektori se postavljaju na platformu tokom sezone mresta dagnji (tokom cele godine, vrhunac u proleće i u jesen).

2.1. *Ubacivanje u pergolare*

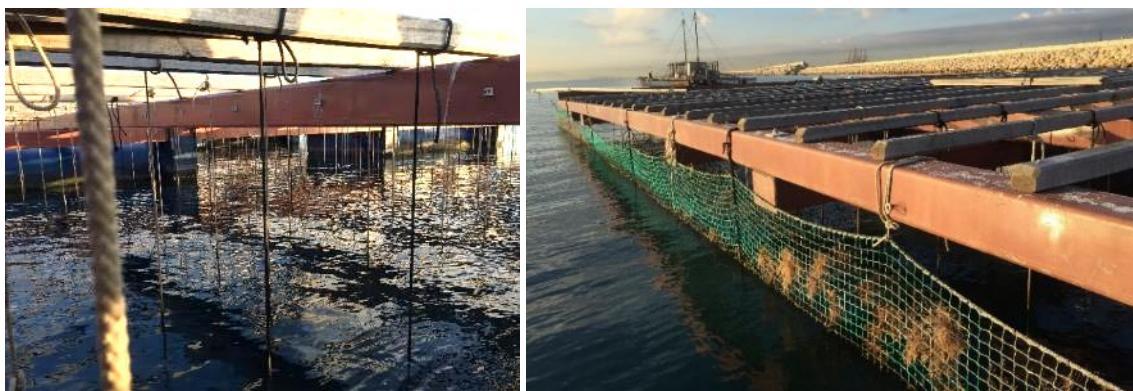
Tokom ovog procesa mlađi dagnji se ubacuje u biorazgradive mreže, pergolare. Oko 1,5 do 1,75 kg mlađi se ubaci po metru dužine konopoca. Da bi se izbeglo da mlađ spadne jer se ne hvata dovoljno dobro, užad uglavnom imaju drvene štapiće.



Slika broj 4: Ručno ubacivanje u pergolare. Od Ramona Franka.

2.2. *Faza pred početak rasta dagnji*

Nakon ubacivanja dagnji u pergolare, oni se šire na platformi i dostižu 4 ili 5 cm. Ovaj proces traje od 4 do 6 meseci u slučaju da će biti razređene, ili oko 9 meseci ako će dagnje biti skupljene direktno za prodaju.

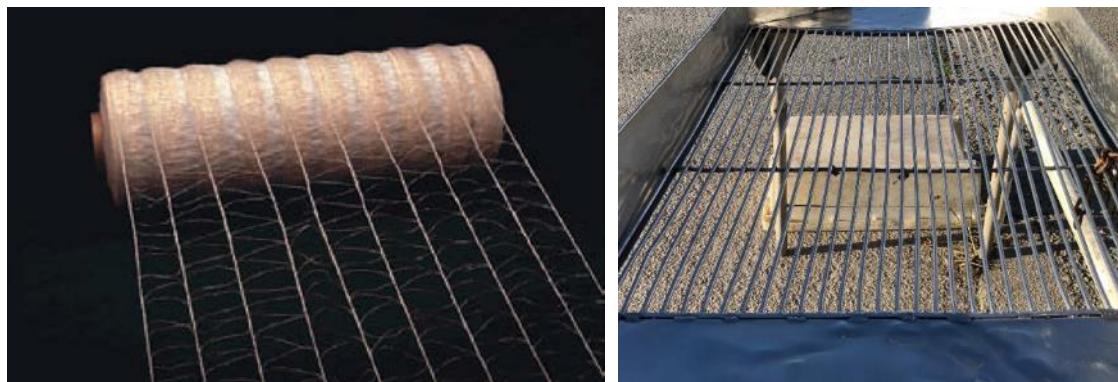


Slika broj 5: Faza pred početak rasta dagnji na Formex® platformi u Valensijskom zalivu. U ovom delu uzgoja veoma je važno zaštititi sakupljene dagnje mrežom ako ste u području gde uopšte nema ili nema dovoljno mlađi.

2.3. *Razređivanje dagnji*

Ovaj proces se sastoji od odvajanja dagnji od pergolara da bi se rasporedile u više užadi manje gustine. Ovako se smanjuje gustina sakupljenih dagnji i mogu da rastu brže. Dagnje koji su bile u jednom užetu su nakon rastavljanja razdvojene u dva ili tri.

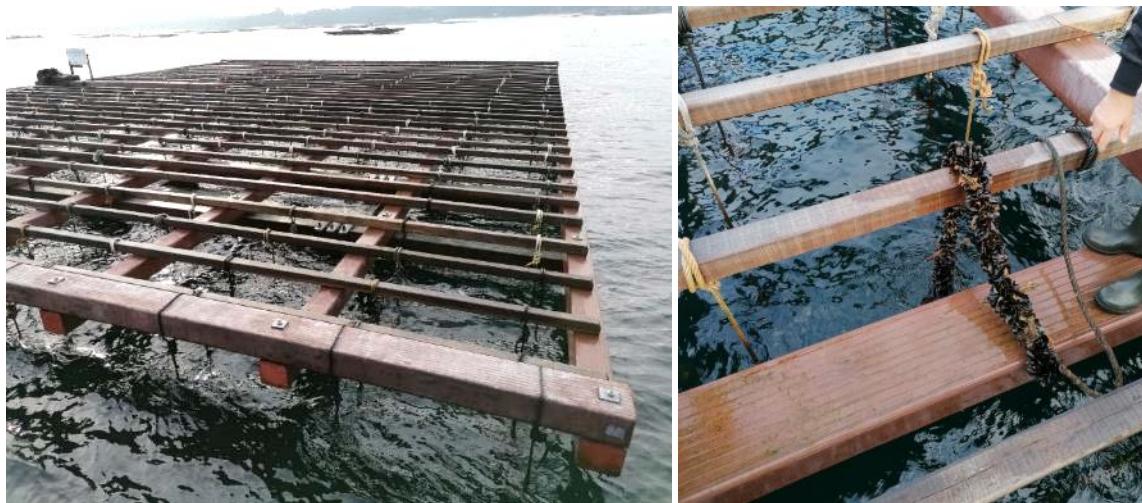
Dagnje se oslobađaju, grozdovi se razdvajaju, i ponovo se ubacuju u pergolare ali manje gustine. U ovom slučaju, ubacivanje u pergolare se vrši nakon što se klasificuju po veličini, da bi žetva bila raznovrsnija. Uže koje se koristi je biorazgradivo.



Slika broj 6: Levo: Mreža za razređivanje dagnji. Desno: Sto za klasifikaciju.

2.4. Rast

Tokom procesa rasta pergolari se vezuju za stupove i zatim dagnje počinju da rastu. Optimalna razdaljina između pergolara zavisi od faktora kao što su lokacija, nutrijenti i strategija uzgajivača. Obično je između 1 i 1,5 m u jednom pravcu i 70 cm u drugom. Poslednja razdaljina je između ivica greda. Pergolari ostaju na platformi dok dagnje ne dosegnu veličinu koja je potrebna za njihovu upotrebu, uvek više od 50 mm, s obzirom na to da je cena na tržištu veća što je veća dagnja jer ima više mesa.



Slika broj 7: Formex® platforma sa okačenim pergolarima sa dagnjama tokom faze rasta (levo). Pergolari nakon početka faze rasta. (desno)

2.5. Žetva

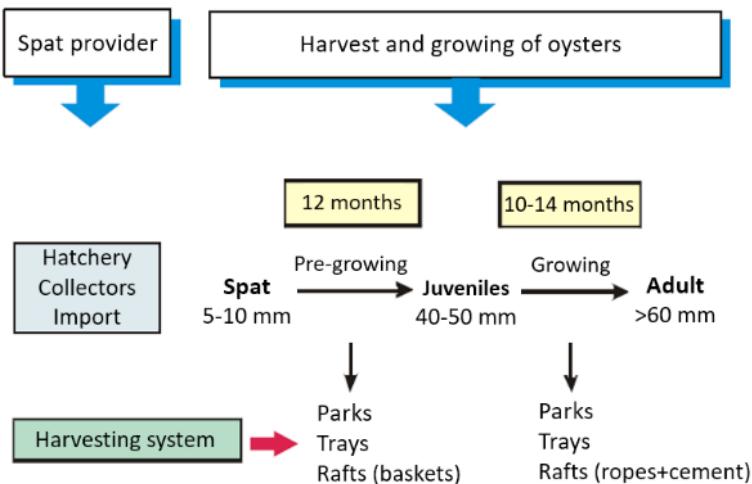
Kada dođe najbolji trenutak za pobiranje, pergolar se opušta i uže pada u košaricu. Pojedine košarice sadrže četkicu koja odvaja dagnje od užadi. Nakon toga dagnje se klasificuju po veličini za komercijalne svrhe.



Slika broj 8. Žetva dagnji (levo). Pakovanje u kese nakon dopreme u luku (desno).

3. Proces uzgoja kamenica

Uzgoj kamenica je komplikovaniji od uzgoja dagnji jer je vrlo teško imati dovoljno jajašca ostrige. Ovo se može postići u mrestilištima, jer oni omogućuju optimalne uslove za reproduktivni ciklus ovog mekušca. Primer ciklusa uzgaja kamenica je prikazan na slici 9, svaki korak je opisan na sledeći način:



Slika broj 9: Nacrt najčešćeg načina uzgoja ostriga

3.1. Faza pre početka rasta

Prvi korak je u mrestilištima, gde se ceo reproduktivni ciklus kamenica kontroliše: reprodukcija, razvoj larve, razvoj pre početka rasta jaja da bi se postigla željena veličina potrebna za premeštanje na spoljašnje instalacije.

Faza pre početka rasta se izvodi u posebnim korpama za tu svrhu i važno je kontrolisati taloženje, jer može blokirati rupe na površini i sprečiti da nutrijenti dođu do ovog mekušca.



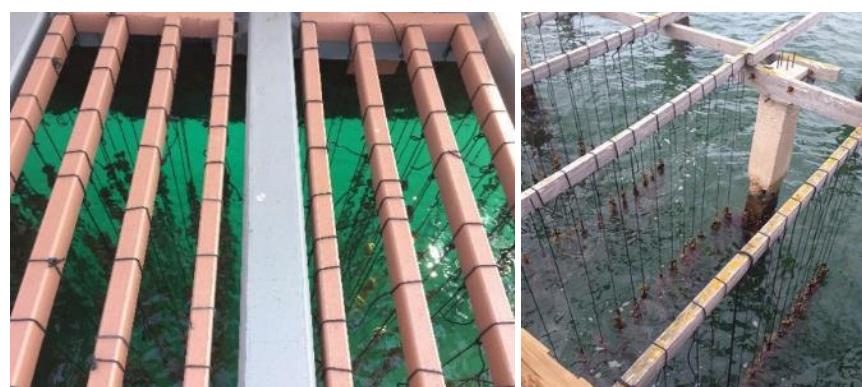
Slika broj 10. Sleva nadesno: Mrestilište sa prisilnom cirkulacijom vode. „Flupsy“ sistem i košare za fazu pre rasta

3.2. Faza rasta

Faza rasta počinje smeštanjem mlađi u poseban sistem za uzgoj (park, platforma, ploča...) u vodi. Jedan od najčešće korišćenih načina, zbog velike brzine rasta, jeste cementiranje kamenice na uže. Ovo podrazumeva kačenje ostrige za uže koristeći posebnu vrstu cementa uz distancu od oko 20 cm.



Slika broj 11. Levo: Košare za fazu pred početkom rasta kamenica (Oceanvision). Desno: Cementiranje kamenice na užetu (veb-sajt www.valenciaplaza.com).



Slika broj 12. Uzgoj ostriga na Formex® platformi za ostrige i uzgoj ostriga na fiksiranoj strukturi.

3.3. Žetva kamenica

Sakupljanje kamenica počinje kada one dosegnu veličinu potrebnu za komercijalne svrhe. Period između cementriranja i žetve može trajati između 12 i 18 meseci.

4. Praktični saveti za korišćenje plutajućih struktura

4.1. Praktični saveti za očuvanje životne sredine

Sklapanje platforme

Prilikom sklapanja Formex® platforme savetuje se da se kontroliše otpad i da se njime pažljivo rukovodi (plastični delovi i ostaci drveta eukaliptusa nakon sečenja greda).



Slika broj 13. Levo: Plastični otpad od Formex® platforme nakon pričvršćivanja, pre otpreme. Desno: Drvo eukaliptusa nakon sklapanja greda.

Materijal korišćen za platformu: Pri izboru vrste materijala koji se koristi za gradnju platforme mora se uzeti u obzir održivost. U slučaju grede Formex® kompaktnost materijala nagoveštava da ga nije potrebno štititi za vreme životnog veka. Ne dolazi do liksivijacije jer nema pora koje bi pustile vodu ili gasove da stignu do čelične armature.



Slika broj 14: Primarna greda na platformi Formex®. Desno: drvene grede zaštićene farbom.

Kao i sa bilo kojim drugim platformama, i Formex® platformama potrebna je kontrola plovka i greda s vremenom na vreme.

Plovak: Neizbežno je da se taloženje pojavi na površini određeno vreme nakon instalacije. Obično se talog čisti svakih 12 meseci.

Grede: Uglavnom se prave od drveta, tako da povremeno može da se desi da dodje do pukotina pri zašrafljivanju (slika 15, desno). Ukoliko je moguće da će doći do pukotine najbolje je zameniti je. Osim toga, svakih 15 do 20 godina, verovatno je da će biti potrebna zamena.



Slika broj 15: Plovak sa talogom (levo). Desno: Greda sa velikom pukotinom u sredini, izazvanom šrafljenjem.

Kraj životnog veka platforme

Najveći ekološki problem jeste kraj životnog veka platforme, kada platforma treba da se razgradi. U slučaju greda Formex®, njihovo odstranjivanje mora se obaviti od strane specijalizovane firme, iako one nisu toksične ni štetne. Formex® grede mogu ponovo da se upotrebe za krovove, ulični nameštaj itd, a mogu biti i reciklirane po procesu ojačanog betona.

4.2. Zaštita žetve

Proizvodi koji se uzgajaju moraju biti zaštićeni od predstavnika pomoću zaštitne mreže oblika košare, koja se okači oko oboda platforme, čime se sprečava pristup proizvodima. Najpogodnije je instalirati je pre užadi.

Trebalo bi da ima tegove na svom obodu, da bi se osiguralo da je čvrsta i da se izbegne da se kamenice oštete. Najzad, trebalo bi je povremeno kontrolisati da bi se izbeglo da se začepi talogom.



Slika broj 16. Levo: Zaštitna mreža. Desno: Čvor potreban da se zakači mreža za gredu.

4.3. Zdravlje i bezbednost prilikom upotrebe platforme

Preporučuje se da se pročita *Deliverable 5.1* (dostupan je javnosti), gde su različiti aspekti zaštite i zdravlja naširoko objašnjeni za bilo koju od faza korišćenja Formex® platforme.

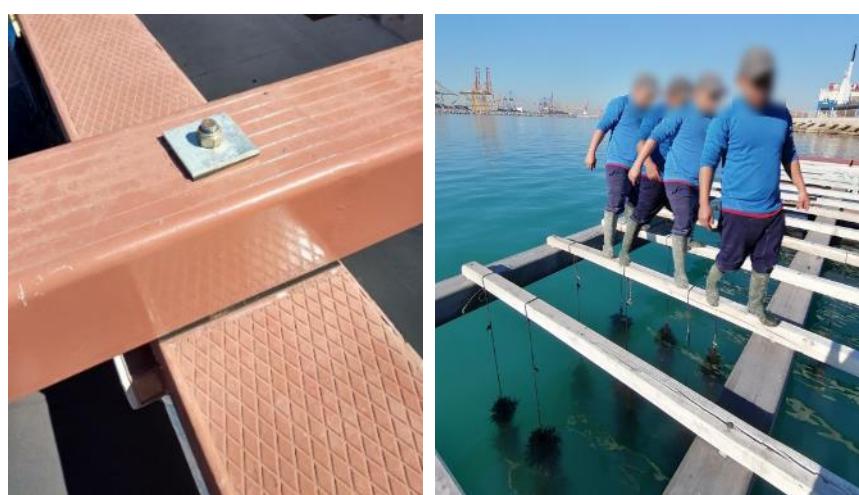
Što se tiče zaštite na radu, važno je osigurati da je površina na kojoj se uzbudjivač kreću (uglavnom grede) što manje klizava. Iz ovog razloga, grede Formex® se proizvode sa površinskom teksturom koja pojačava prijanjanje i time smanjuje rizik klizanja.

Osim toga, uz korišćenje platforme moguće je da se pojavi *verdín* (zeleni organski sloj) i da površina postane klizava. U slučaju platforme Formex®, koja je neorganska i ima nisku poroznost, šansa da se *verdín* pojavi i ukorenjen je minimalna. Ovo čini njegovo odstranjivanje lakšim, jer se može obaviti bez straha od oštećivanja grede, zahvaljujući visokoj otpornosti na abraziju.



Slika broj 17. „Verdín“ na drvenim gredama (levo) i na gredama Formex® (desno)

Postoji još faktora koji mogu izazvati klizavost greda, kao na primer taloženje soli ili vlage na gredama. Uzbudjivač mora hodati pažljivo po njima da bi se izbegle nezgode. Iskusni uzbudjivači uglavnom hodaju po horizontalnim gredama, jer je razmak između njih adekvatan (slika 18).



Slika broj 18. Levo: Veza između primarne i sekundarne grede Formex® sa različitim teksturama. Desno: Najčešće korišćen način hodanja po platformi, hodajući po dvema paralelnim gredama