

# Arrecifes Artificiales del Tipo Nicho (AATN) en Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs) de Caleta Quintay y Caleta Maitencillo

Proyecto FIC R 2017 - BIP 40004870



Autores

**María Isabel Toledo Donoso**  
**Alex Manríquez Lagos**  
**Jesús López Alarcón**  
**Víctor Zamora Abarca**  
**Jesús Correa Helbrum**  
**Cristina Díaz Poblete**  
**Felipe Espinoza Rojas**



**Directora de Proyecto**  
**María Isabel Toledo Donoso**

Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad  
Católica de Valparaíso

Magíster en Agricultura, Oregon State University,  
EE.UU.

Doctora en Acuicultura, Universidad de Chile

Profesora Titular e Investigadora en el área de  
Producción y Alimentación de Recursos Acuícolas  
de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso

**Arrecifes Artificiales del Tipo Nicho (AATN) en  
Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs)  
de Caleta Quintay y Caleta Maitencillo**

**Autores**

**María Isabel Toledo Donoso  
Alex Manríquez Lagos  
Jesús López Alarcón  
Víctor Zamora Abarca  
Jesús Correa Helbrum  
Cristina Díaz Poblete  
Felipe Espinoza Rojas**

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Escuela de Ciencias del Mar

Arrecifes Artificiales del Tipo Nicho (AATN) en Áreas de Manejo de  
Recursos Bentónicos (AMERBs) de Caleta Quintay y Caleta Maitencillo

Para mayor información:  
Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura  
Escuela de Ciencias del Mar  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Avenida Altamirano 1480, oficina 204  
Valparaíso, Chile  
Fono/Fax 56 32 2274263  
Fax 56 32 2274206  
e-mail [isabel.toledo@pucv.cl](mailto:isabel.toledo@pucv.cl)

Derechos reservados  
Tiraje: 90 ejemplares

Diseño gráfico: Paula Arana Börst

Impresión: Primera Impresión

# CONTENIDO GENERAL

## INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO 1. PERSPECTIVA DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES

#### A NIVEL MUNDIAL.....7

##### 1.1. Perspectiva histórica de los Arrecifes Artificiales.....9

##### 1.2. Tipos de arrecifes artificiales desarrollados a nivel mundial.....10

##### 1.2.1. Investigaciones desarrolladas en Estados Unidos sobre arrecifes artificiales.....10

##### 1.2.2. Investigaciones desarrolladas en Europa sobre arrecifes artificiales.....12

##### 1.2.3. Investigaciones desarrolladas en Asia sobre arrecifes artificiales.....13

##### 1.2.4. Investigaciones desarrolladas en Oceanía sobre arrecifes artificiales.....14

##### 1.2.5. Investigaciones desarrolladas en América Latina sobre arrecifes artificiales.....15

### CAPÍTULO 2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE NICHOS ARTIFICIALES...19

#### 2.1. Diseño del Arrecife Artificial del Tipo Nicho (AATN).....20

#### 2.2. Materiales de construcción de los nichos.....20

#### 2.3. Construcción de los nichos artificiales.....21

##### 2.3.1. Construcción del moldaje.....21

##### 2.3.2. Tubos de PVC.....22

##### 2.3.3. Preparación del molde.....23

##### 2.3.4. Preparación de la mezcla.....25

##### 2.3.5. Vertido de la mezcla.....26

##### 2.3.6. Vibrado.....26

##### 2.3.7. Acabado del vertido de mezcla.....27

##### 2.3.8. Curado.....27

##### 2.3.9. Descimbrado.....28

### CAPÍTULO 3. TRASLADO, INSTALACIÓN Y REACOMODACIÓN DE LOS

#### ARRECIFES ARTIFICIALES DE TIPO NICHOS EN LA AMERBs.....31

#### 3.1. Traslado etapa tierra.....32

##### 3.1.1. Traslado por tierra a Caleta Quintay.....32

##### 3.1.2. Traslado por tierra a Caleta Maitencillo.....34

#### 3.2. Traslado etapa mar.....36

##### 3.2.1. Traslado por mar en Caleta Quintay.....37

##### 3.2.2. Traslado por mar en Caleta de Maitencillo.....38

##### 3.2.3. Reposicionamiento y reubicación de AATN una vez fondeados.....40

CAPÍTULO 4. MONITOREO Y SUCESIÓN ECOLÓGICA.....	43
4.1. Metodología de muestreo.....	44
4.1.1. Inspección de comunidades bentónicas sésiles.....	44
4.1.2. Inspección de comunidades de peces.....	48
4.1.3. Inspección de comunidades de macroinvertebrados.....	48
4.2. Especies colonizadoras.....	48
4.3. Secuencia aparición de especies.....	53
4.3.1. Secuencia de colonización Caleta Quintay.....	54
4.3.2. Secuencia de colonización Caleta Maitencillo.....	56
ANEXOS.....	61

# INTRODUCCIÓN

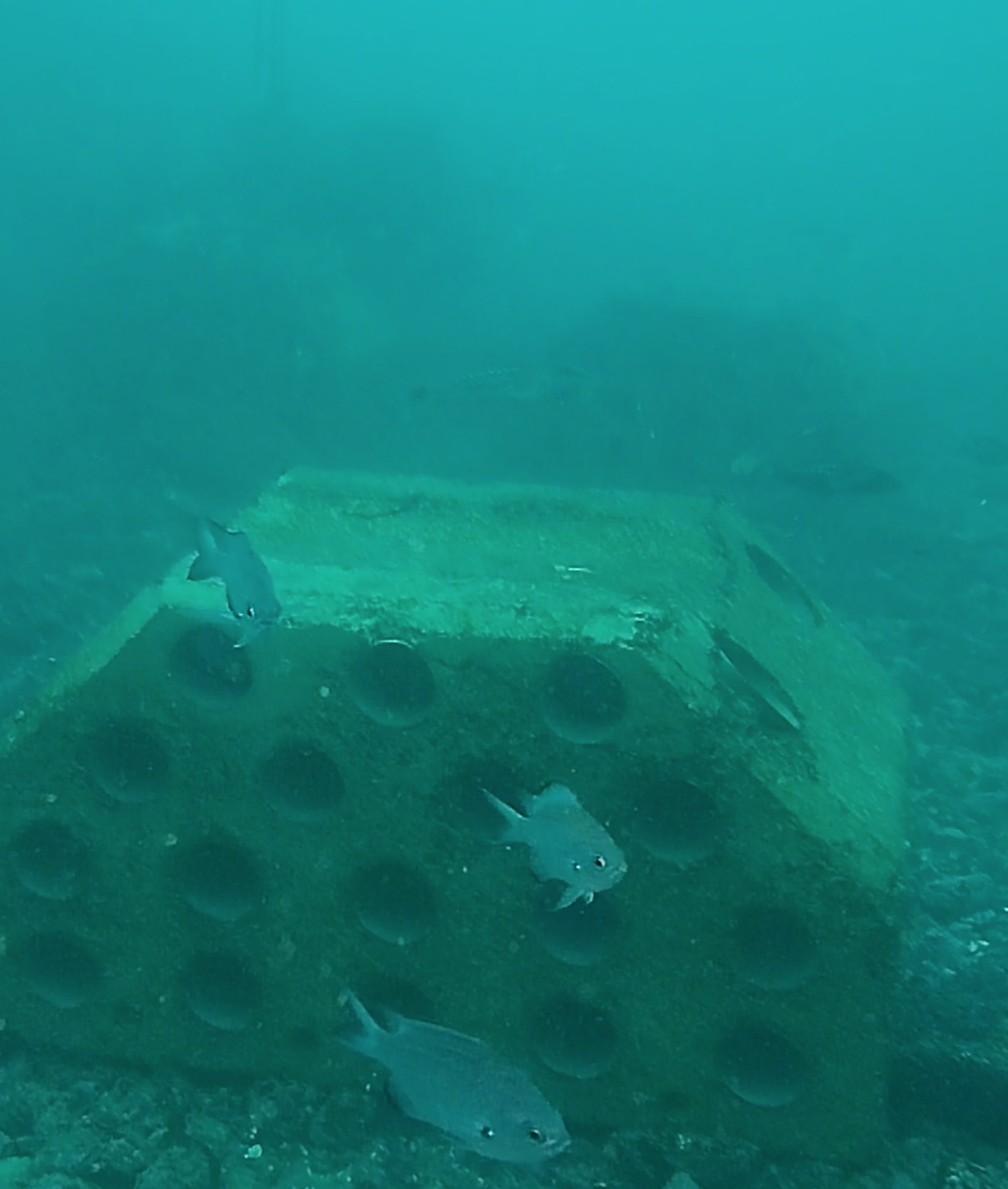
En agosto de 2019 el número de hectáreas autorizadas como Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs) ascendía a las 150. En las hectáreas asignadas, no todo el fondo marino resulta apto para el desarrollo de los recursos bentónicos, pues existen importantes áreas arenosas, como también del tipo mixto, es decir rocoso plano y arena, o bien solo rocoso plano. En consecuencia, la incorporación de Arrecifes Artificiales del Tipo Nicho (AATN) se presenta como una tecnología innovadora atractiva para aprovechar eficientemente el área asignada.

El modelo AATN fue diseñado y construido a partir de un proyecto FONDEF Regional D13R20013. Para este proyecto, ejecutado por la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, los AATN se instalaron en las AMERBs de Lebu, quedando demostrado que la especie congrio colorado utilizó las cavidades como un medio de refugio, al ser introducidos en la zona donde se encontraban estos arrecifes. A la vez, se probó que se produjo una sucesión ecológica primaria que aseguraba las etapas iniciales de disponibilidad de alimento. Actualmente, y luego de cinco años transcurridos desde su instalación, estas estructuras han adquirido el aspecto natural del lugar aledaño en el que fueron fondeado

A partir de estos exitosos resultados, que sirvieron de antecedentes para la presentación del concurso FIC 2017, el Gobierno Regional de la Región de Valparaíso, aprobó la ejecución del proyecto FIC-R Código BIP 40004870 “Desarrollo y fortalecimiento de la competitividad de las caletas de pescadores artesanales de la quinta región, favoreciendo la actividad turística, a través de la implementación de la tecnología de arrecifes artificiales en las áreas de manejo (AMERBs)”. Gracias a este proyecto se ha financiado esta publicación, cuyo objetivo es divulgar sus principales resultados y, a la vez, servir de guía para quienes deseen incorporar la tecnología de los AATN en otras AMERBs de caletas de pescadores artesanales del país.

En el Capítulo 1, se entrega una reseña de la utilización de los arrecifes artificiales en otros países. En el Capítulo 2, se enseñan las distintas etapas para la construcción de los AATN. El Capítulo 3, contiene las maniobras de traslado, instalación y reacomodación de las estructuras. En el Capítulo 4, se presentan los resultados de los monitoreos biológicos realizados a los AATN y de sucesión ecológica. El Capítulo 5 se dedica a la presentación del material que será entregado a turistas y practicantes del buceo turístico que visiten ambas caletas.

El equipo de profesionales que participó en este proyecto agradece al Gobierno Regional y al Consejo Regional por la confianza depositada en ellos y el apoyo brindado para el desarrollo de esta iniciativa, cuyos resultados, estamos seguros, se multiplicaran a otras caletas de pescadores artesanales de la región como también a lo largo del país.







**CAPÍTULO 1**

**PERSPECTIVA  
DE LOS  
ARRECIFES  
ARTIFICIALES  
A NIVEL  
MUNDIAL**

El borde costero es un territorio muy demandado por diferentes actividades antropogénicas que lo afectan constantemente (*e.g.* contaminación, disminución de los recursos hidrobiológicos, etc). Por ello, los Arrecifes Artificiales (AA) se han utilizado para el mejoramiento y desarrollo del borde costero en las últimas décadas. Chile no se ve alejado de ésta realidad y, a pesar de todas las experiencias concretadas, actualmente se cuenta con escasa evidencia científica que respalde la contribución de los diferentes tipos y usos de AA (Proyecto FONDEF Regional D13R20013 y Proyecto FIC-R 2017).

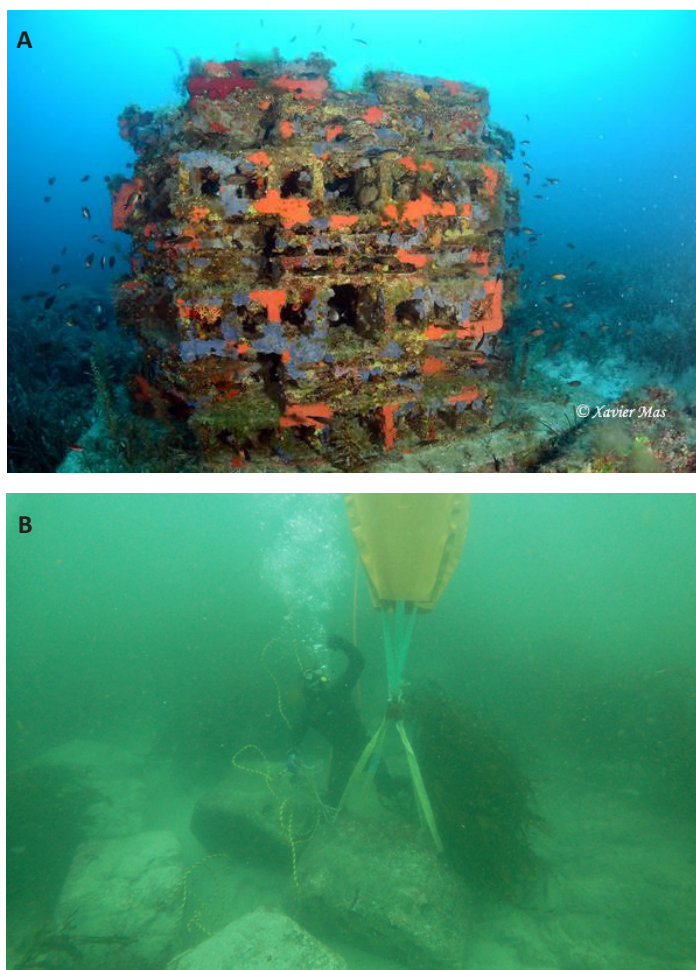


Figura 1.1. A) Fotografía arrecife artificial en España (Fotografía gentileza, Xavier Mas Ferrá), B) Arrecife artificial AATN Maitencillo, Chile (Proyecto FIC –R 2017).

## 1.1.- Perspectiva histórica de los Arrecifes Artificiales

Históricamente, los estudios relacionados con los beneficios y servicios (económicos, sociales y ambientales) prestados por los AA han evolucionado con el paso del tiempo. Por ejemplo, se han realizado 416 estudios sobre AA (Figura 1.2) de los cuales Estados Unidos de América (EEUU) es el país con la mayor cantidad de publicaciones relacionadas (85), seguido por Australia (38), China (36), Francia (26), Reino Unido (25), Japón (22), Brasil (20), Portugal (19), México (19), España (17), Italia (16), India (12), República de Corea (12), Chile (8), Israel (8) y otros 22 países (63).

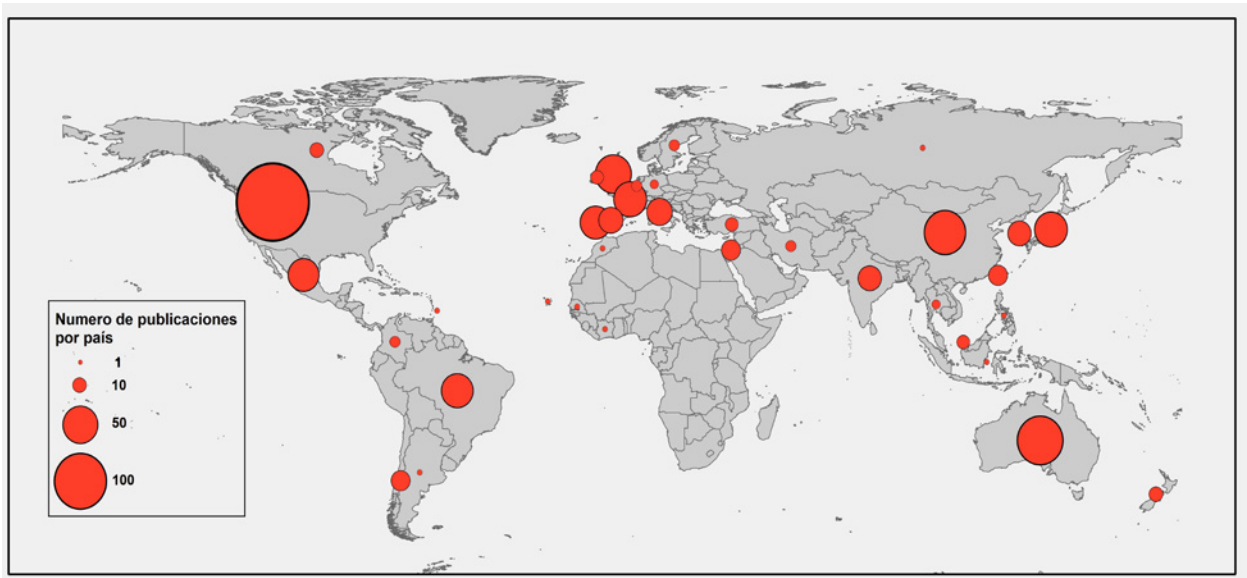


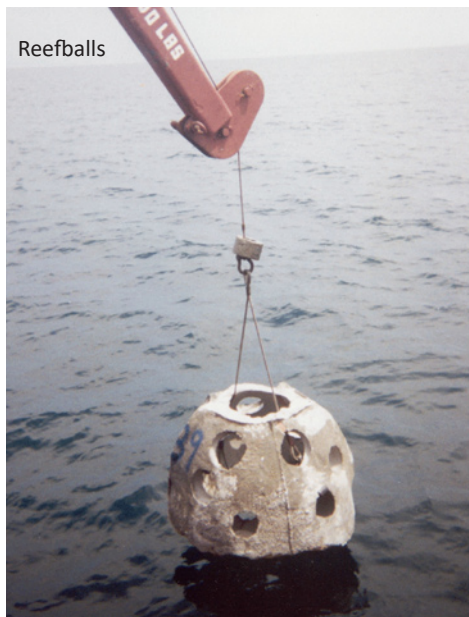
Figura 1.2. Publicaciones realizadas sobre arrecifes artificiales por país (1962-2019, para el último año se consideró las publicaciones de los primeros seis meses del año). Los círculos representan el número de publicaciones sobre arrecifes artificiales por país (Correa-Helbrum, Silva C. & Toledo M.I. 2019).

## 1.2. Tipos de arrecifes artificiales desarrollados a nivel mundial

### 1.2.1. Investigaciones desarrolladas en Estados Unidos sobre arrecifes artificiales

En Estados Unidos de América existen leyes, normativas y directrices que regulan el cumplimiento de las buenas prácticas, para el desarrollo de los hábitats marinos y actividades antropogénicas costeras a partir de la utilización de la tecnología de los AA (Figura 1.3).

#### Estructuras prefabricadas



#### Estructuras en desuso



Figura 1.3. Ejemplos de estructuras utilizadas como arrecifes artificiales en EE.UU. (Lukens & Selberg, 2004).

Solo en el Estado de La Florida (EE.UU.) se han desplegado un total de 3.200 AA, utilizando principalmente materiales de tipo concreto, metal, módulos prefabricados, roca, buques y otros (Figura 1.4).

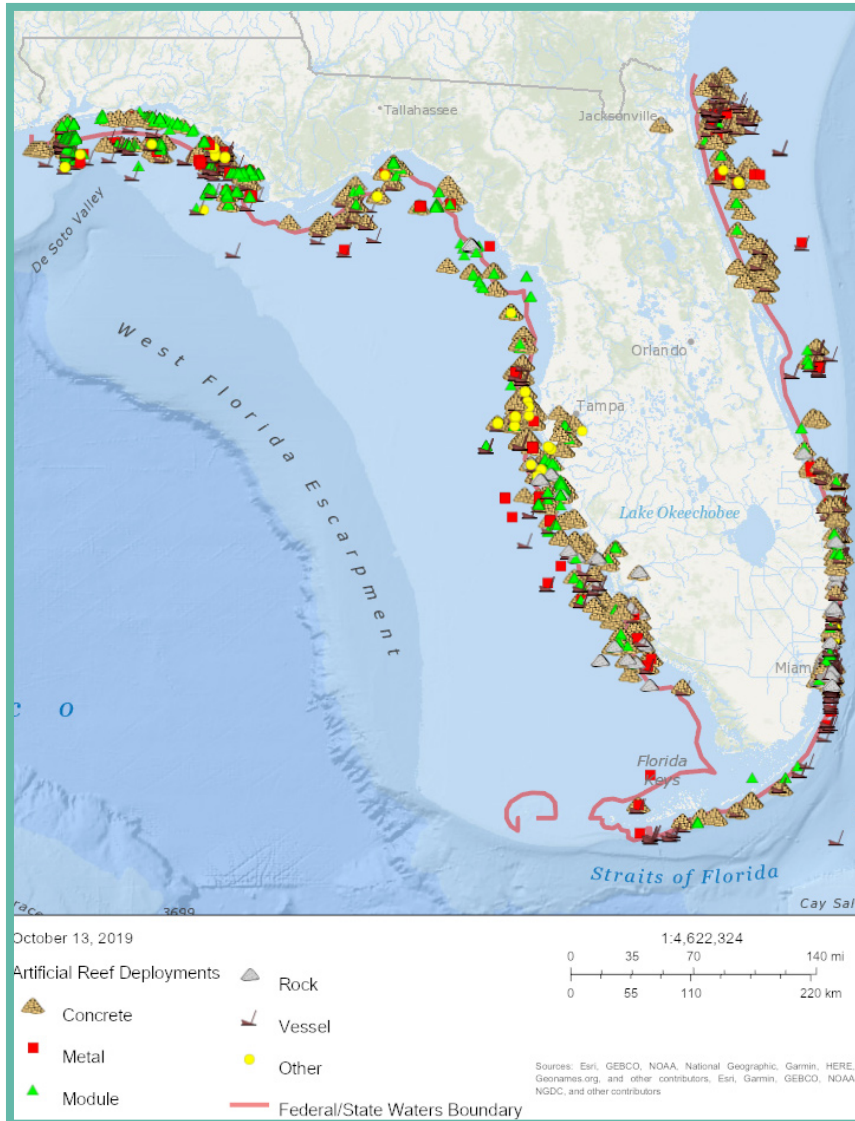


Figura 1.4. Visualizador de mapas ArcGis para la localización de arrecifes artificiales de la FWC (Fuente: <https://myfwc.com/fishing/saltwater/artificial-reefs/>).

## 1.2.2. Investigaciones desarrolladas en Europa sobre arrecifes artificiales

En Europa se han implementado diferentes tipos de estructuras y materiales de AA (Figura 1.5) en distintos países del viejo continente. Entre los cuales se pueden encontrar: a) Chipre; b) y c) Francia; d) Alemania; e) y f) Grecia; g) y h) Italia; i) Polonia; j) y k) Portugal; l) y m) España; n) Inglaterra.

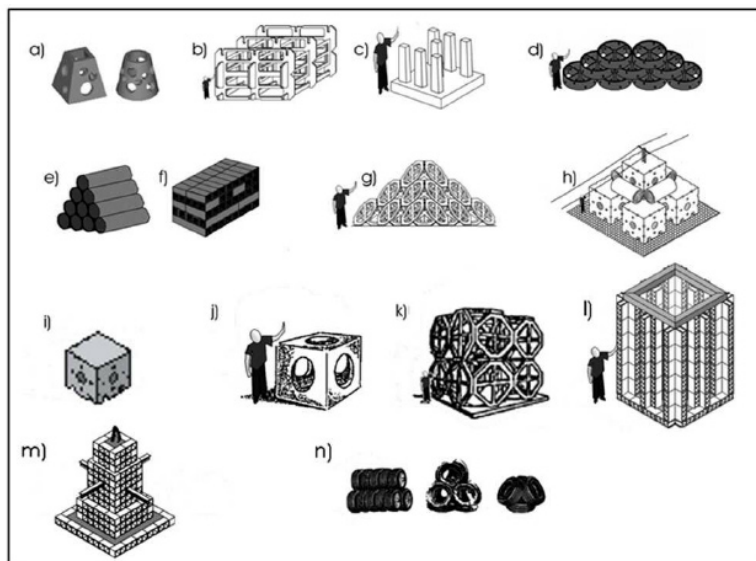


Figura 1.5. Diferentes tipos de estructuras utilizadas como arrecifes (Fabi *et al.*, 2011).

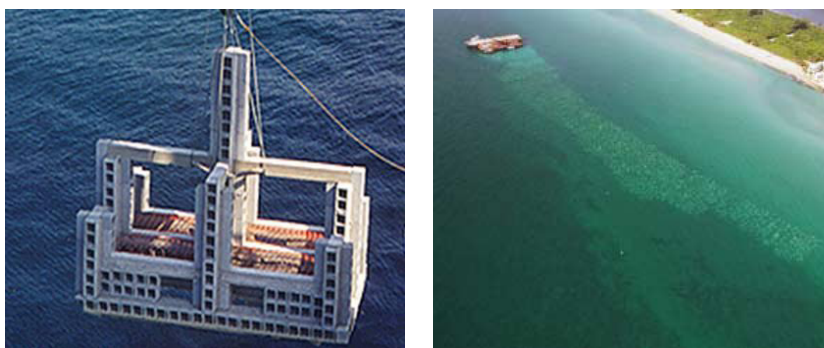


Figura 1.6. Investigaciones con arrecifes artificiales relacionadas con la protección del hábitat y ambiente costero (Ministerio de Medio Ambiente, España, 2008.)

Por ejemplo, en España se han utilizado arrecifes con el objetivo de proteger la costa de la acción de las redes de arrastre (Figura 1.6) y en el país de Grecia con el objetivo de aumentar el sustrato en áreas marinas protegidas (Figura 1.7).

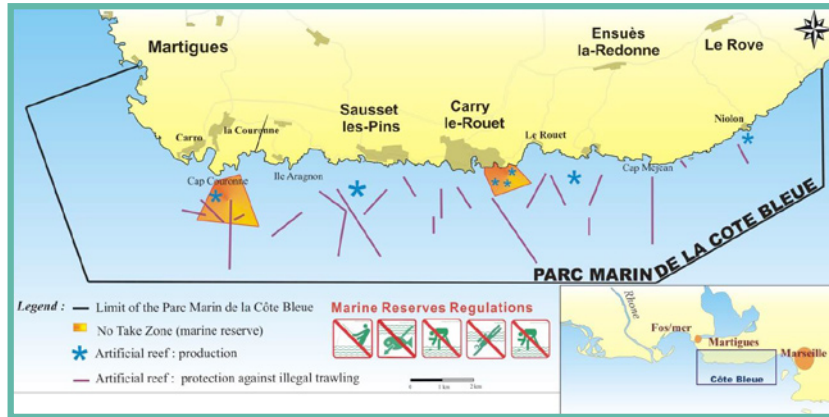


Figura 1.7. Arrecifes para recuperación de especies en Áreas Marinas Protegidas (AMP) (Fabi *et al.*, 2015).

### 1.2.3.- Investigaciones desarrolladas en Asia sobre arrecifes artificiales

Los AA se consideran herramientas eficaces para mejorar el medio ambiente marino y aumentar la productividad, en particular la biomasa y la abundancia de peces. Muchos países asiáticos han implementado programas de AA (Firth *et al.*, 2016), con la finalidad de mejorar los hábitats (Figura 1.8) y la productividad biológica en las zonas costeras (Figura 1.9) (Andriess, 2018, Li *et al.*, 2017).



Figura 1.8. Arrecifes artificiales utilizados para generar nuevas zonas de asentamiento de especies con valor económico en Japón, (Andriess, 2018).



Figura 1.9. Creación de nuevos tipos de arrecifes artificiales para aumentar la biodiversidad en Singapur (Li *et al.*, 2017).

#### 1.2.4. Investigaciones desarrolladas en Oceanía sobre arrecifes artificiales

Las autoridades competentes en Australia están permitiendo cada vez más los AA en entornos marinos como una herramienta para mejorar la pesca recreativa, restauración del hábitat natural, aumentar la producción pesquera y como atracción turística para el buceo y el surf (Florisson *et al.*, 2018; Becker *et al.*, 2018, 2019). Además, como la huella de estructuras individuales o múltiples puede ser grande, es necesaria una mejor comprensión de sus impactos ecológicos en el medio ambiente circundante y su desempeño como hábitat de arrecife (Figura 1.10)



Figura 1.10. Empleo de estructuras en desuso como arrecife artificial en Australia (Macreadie *et al.*, 2011).



### 1.2.5. Investigaciones desarrolladas en América Latina sobre arrecifes artificiales

En los últimos años en Chile, se ha incentivado la generación de proyectos y estudios sobre AA enfocados principalmente al manejo de los recursos bentónicos y la diversificación de actividades de los pescadores artesanales (Weibel, 2000 y Toledo *et al.*, 2017).



Figura 1.11. Arrecifes Instalados el 2019 en AMERBs de Caleta Quintay (FIC-R 2017).



Figura 1.12. Arrecifes Instalados el 2019 en AMERBs de Caleta Maitencillo (FIC-R 2017).



Figura 1.13. Arrecifes Instalados el 2018 en AMERBs de Caleta Lebu.

## Referencias Bibliográficas

Andriessse, E., 2018. Persistent fishing amidst depletion, environmental and socio-economic vulnerability in Iloilo Province, the Philippines. *Ocean Coast Manag.* 157, 130–137.

Becker, A., Smith, J. A., Taylor, M. D., McLeod, J. & Lowry, M. B. 2019. Distribution of pelagic and epi-benthic fish around a multi-module artificial reef-field: Close module spacing supports a connected assemblage. *Fisheries research*, 209: 75-85.

Becker, A., Taylor, M. D., Folpp, H. & Lowry, M. B. 2018. Managing the development of artificial reef systems: The need for quantitative goals. *Fish and Fisheries*, 19(4): 740-752.

Correa-Helbrum J., Silva C. & Toledo M. 2019. Tipos y usos de los arrecifes artificiales como instrumentos para el desarrollo sustentable de la zona costera en Chile. *Memoria para optar al*

Título de la Maestría en Gestión de Recursos Acuáticos. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (89) pp.

Fabi, G., Spagnolo, A., Bellan-Santini, D., Charbonnel, E., Çiçek, B. A., García, J. J. G., & Santos, M. N. D. 2011. Overview on artificial reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59 (SPE1), 155-166.

Fabi, G., Scarcella, G., Spagnolo, A., Bortone, S. A., Charbonnel, E., Goutayer, J. J., & Trommelen, M. 2015. Practical guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black Sea. General Fisheries Commission for the Mediterranean. *Studies and Reviews*, (96), I.

Firth, L. B., Knights, A. M., Bridger, D., Evans, A. J., Mieszkowska, N., Moore, P. J. & Hawkins, S. J. (2016). Ocean sprawl: challenges and opportunities for biodiversity management in a changing world. In *Oceanography and marine biology* (pp. 201-278). CRC Press.

Florisson, J. H., Tweedley, J. R., Walker, T. H. & Chaplin, J. A. 2018. Reef vision: A citizen science program for monitoring the fish faunas of artificial reefs. *Fisheries research*, 206: 296-308.

Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales. 2008. Ministerio de Medio Ambiente de España.

Li, D., Tang, C., Xia, C. & Zhang, H. 2017. Acoustic mapping and classification of benthic habitat using unsupervised learning in artificial reef water. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 185: 11-21.

Lukens, A. R., & Selberg, C. 2004. Guidelines for marine artificial reef materials. 2<sup>nd</sup> Edition. Artificial Reef Subcommittees of the Gulf States Marine Fisheries Commission, USA. Number 121 (198) pp.

Macreadie, P. I., Fowler, A. M., & Booth, D. J. 2011. Rigs-to-reefs: will the deep sea benefit from artificial habitat?. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (8), 455-461.

Ministerio de Medio Ambiente de España. 2008 Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales. ([https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20arrecifes%20artificiales\\_tcm30-157012.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20arrecifes%20artificiales_tcm30-157012.pdf))

Weibel, F. 2000. Efectos de un arrecife artificial sobre el sedimento y la macrofauna asociada, en un sector de Bahía La Herradura, Guayacan, IV Región, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. ([http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/bitstream/handle/11373/3152/04CR9PPD-02\\_IF.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositoriodigital.corfo.cl/xmlui/bitstream/handle/11373/3152/04CR9PPD-02_IF.pdf?sequence=2&isAllowed=y))





## **CAPÍTULO 2**

# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE NICHOS ARTIFICIALES**

## 2.1 Diseño del Arrecife Artificial del Tipo Nicho (AATN)

Los arrecifes artificiales propuestos corresponden a una estructura tipo paralelepípedo truncado (Figura 2.1), compuesto de 26 cavidades destinadas a favorecer el asentamiento de peces, moluscos, equinodermos y que a su vez permiten la circulación de agua. Tienen una relación alto-largo-ancho de 690x1200x650 mm y su material de construcción es de hormigón de alta resistencia.

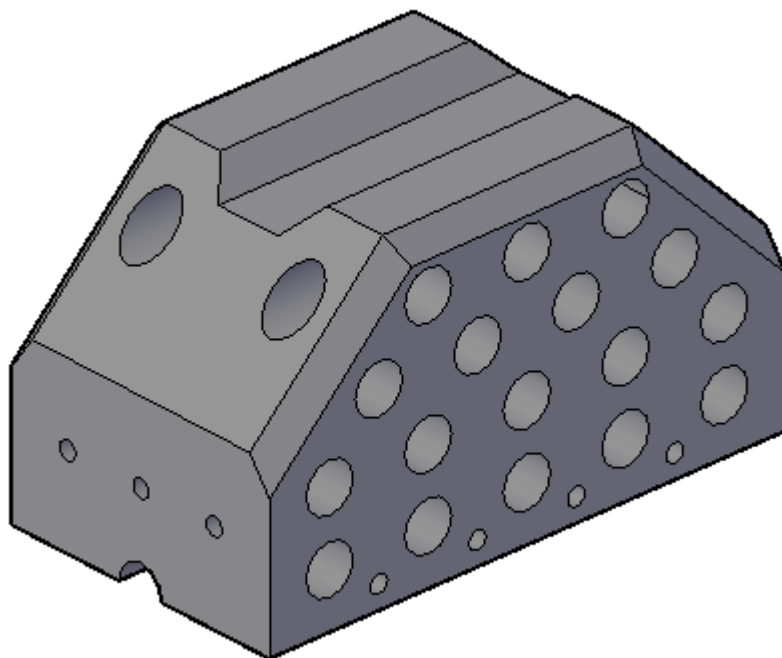


Figura 2.1. Diseño propuesto de arrecife del tipo nicho, AATN.

## 2.2 Materiales de construcción de los nichos

La selección de los materiales adecuados es crucial para que los nichos artificiales cumplan sus objetivos. Los materiales de los nichos artificiales no deben presentar una alta velocidad de descomposición química en el medio marino, ya que podrían liberar productos tóxicos que alteren la calidad biológica del ecosistema y las propiedades fisicoquímicas del agua y los sedimentos, alejando o inhibiendo la colonización de los mismos. El material que cumple con todas las características indicadas anteriormente es el hormigón de alta resistencia, el cual se utilizara para la construcción de los nichos artificiales.

## 2.3 Construcción de los nichos artificiales

La construcción de los nichos artificiales consta de dos etapas, la construcción del moldaje y la construcción de los nichos propiamente tal, esta última incluye la preparación de la mezcla, el vertido de la mezcla y el curado, concluyendo con el descimbre.

### 2.3.1 Construcción del moldaje

Previo al inicio de la construcción de los AATN se debe contar con moldes metálicos. Estos se construyen con láminas de 5 mm de espesor, en la figura 2.2 se observan los moldes en su proceso de construcción. Los moldes están compuestos de 5 piezas unidos por bisagras, las que permiten que se extiendan completamente los lados del molde (Figuras 2.2 A y B). Al cerrar los lados, para verter la mezcla de hormigón, se forma un paralelepípedo abierto por la parte inferior, para mantener la posición del molde, se utiliza un marco metálico que se denomina candado (Figura 2.2 C). En la figura 2.2 D se observa una serie de moldes construidos.



Figura 2.2. Proceso de construcción de moldes de Arrecifes Artificiales Tipo Nicho, AATN. A) Ensamble de las láminas. B) Molde extendido, se observan las bisagras y las cruces que servirán de soporte al armado de tubos. C) Marco metálico (candado) que cierra los lados del molde. D) Serie de moldes construida.

## 2.3.2 Tubos de PVC

Para cada arrecife se necesitan tubos transversales ( $T_n$ ) y longitudinales ( $L_n$ ). Las cavidades de los nichos, serán moldeadas con tubos de PVC sanitario de diámetro ( $\emptyset$ ) 110 mm y 40 mm (Figura 2.3). Para los tubos transversales, se requieren 6 cortes de 145 mm, en tubería de  $\emptyset$ 110 mm, presentando un corte recto por un extremo y un corte tipo “ojo de pescado” en el otro (T1, Figura 2.3). También se requieren 3 cortes de piezas de 353 mm de largo, en tubería  $\emptyset$ 110 mm con corte tipo “ojo de pescado”, en ambos extremos (T2, Figura 2.3). Y además, 14 cortes de 650 mm y 8 cortes de 250 mm, para los diámetros 110 mm y 40 mm respectivamente (T3 y T4, Figura 2.3).

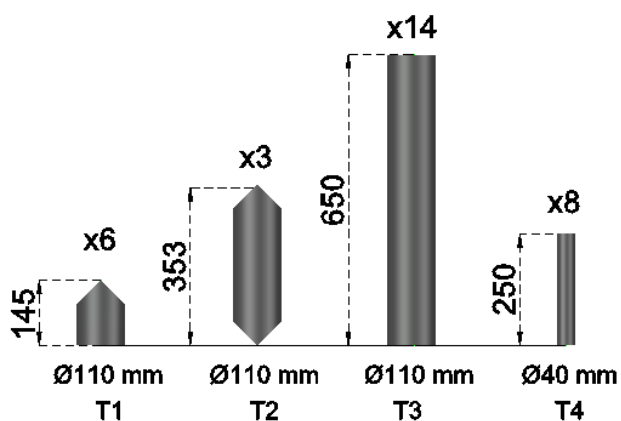


Figura 2.3. Tubos de PVC para formar las cavidades en los AATN (Dimensiones en mm).

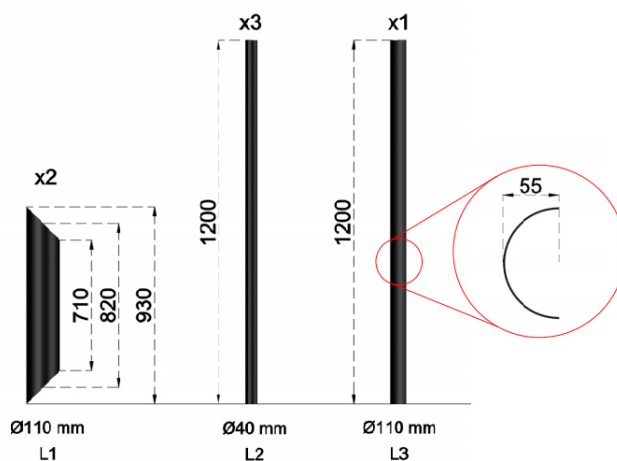


Figura 2.4. Tubos longitudinales de PVC para las cavidades de los AATN. Los tubos L3 corresponden a la mitad de un tubo de 110 mm, como se indica en la sección (Dimensiones en mm).



Para los tubos longitudinales los cortes serán de 930 mm y de 1200 mm para los diámetros de 110 mm y 40 mm (Figura 2.4 L1, L2 y L3).

### 2.3.3 Preparación del molde

El molde debe ser dispuesto en una superficie plana y firme, se recomienda trabajar sobre un radier. Es necesario que las cruces de fierro soldadas en dos de sus caras queden boca arriba, estas cruces servirán de apoyo a los tubos transversales (Figura 2.5).



Cruces en molde

Figura 2.5. Molde extendido, las cruces sirven de apoyo a los tubos transversales.

Posteriormente el molde se cierra y se asegura con el marco o candado, construido con perfiles 50 x 50 x 3 mm (Figura 2.6). En este momento se instalan las primeras tuberías que se ubican en el fondo del molde.

Marco metálico (candado)



Figura 2.6. Molde con candado, preparado para instalar las tuberías.

Primero se instalan las piezas T1, fijándolas en la fila inferior de las cruces del molde. Las piezas L1 en sentido longitudinal y de manera presionada; finalmente se introducen las tuberías T2 (Figura 2.7).

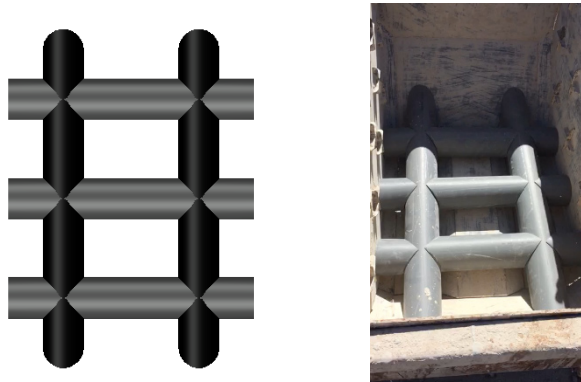


Figura 2.7. Disposición de las tuberías T, T2 y L1 en el molde.

Una vez instalado el primer nivel de entramado de tuberías, el molde se gira sobre una de sus caras más grandes (Figura 2.8) y se retira el marco metálico, para facilitar la instalación de las tuberías T3 (Figura 2.8).



Figura 2.8. Molde apoyado sobre uno de sus costados mas grandes y tuberías transversales T3 instaladas.

Antes de colocar la última línea de tubos T3 se deben colocar los tres tubos L2, los cuales calzan a presión dentro del molde, separándolos manualmente para que queden equidistantes. Finalmente, se instalan los 8 tubos T4 en sentido transversal y de manera equidistante. Las puntas se sellan con cinta de embalaje y se amarran con alambre (Figura 2.9) para ayudar a mantener la posición de los tubos al momento del vaciado de la mezcla.

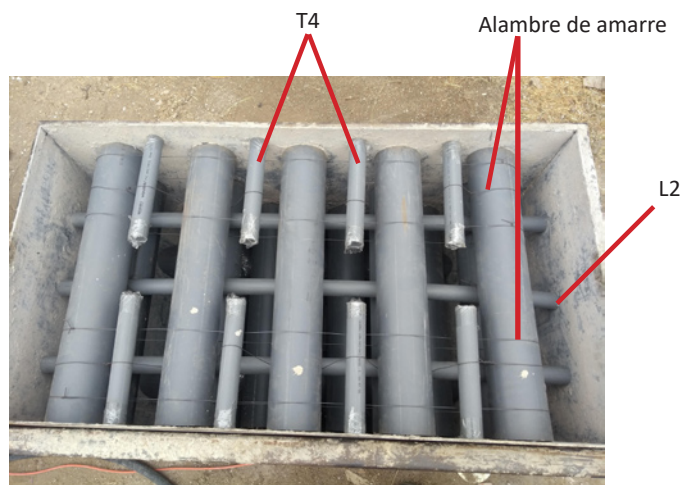


Figura 2.9. Instalación tuberías T4, L2 y alambres de amarre.

### 2.3.4 Preparación de la mezcla.

La mezcla se prepara con los materiales indicados en la Tabla 2.2. Primero se coloca la gravilla en la betonera, luego se agrega la mitad del agua y se mezcla por medio minuto. Posteriormente, se adiciona el ADVA Flow 200, el cemento, la arena y la microsíllice, junto con el resto del agua, la cual se agrega paulatinamente y se mezcla por 3 minutos.

Tabla 2.2 Proporciones de materiales para la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de hormigón.

Materiales	Por metro cúbico
Cemento	356 kg
Agregado (gravilla)	1068 kg
Arena	688 kg
Agua	142 kg
Microsíllice (Fuerza 10 K)	30 kg
Aditivo Flow ADVA 200	200 gr por cada 100 kg de cemento

La microsílíce (Fuerza 10k) es un aditivo mineral que se incorpora para producir una mayor cohesividad en la mezcla y una mayor resistencia y durabilidad al hormigón; además estabiliza su pH, lo cual permite una mayor fijación de organismos bentónicos. El Flow ADVA 200 es un producto reductor de agua de alto rango para el concreto, se utiliza para permitir una mezcla neutra y para mejorar las propiedades de acabado del hormigón.

### 2.3.5 Vertido de la mezcla

Para evitar derrames, se recomienda que la mezcla se realice lo más cerca posible del lugar donde se construyen los AATN. El vertido se debe realizar de forma vertical para que la mezcla no se disgregue.

### 2.3.6 Vibrado.

Este proceso se realiza para compactar el hormigón y eliminar todos los intersticios de aire presentes en la mezcla, para esto se puede utilizar un vibrador mecánico o una varilla de punta redondeada. El vibrador mecánico o la varilla, se debe operar de forma vertical en la mezcla por 5 a 15 segundos, para luego retirar lentamente para cerrar el hueco por donde entró (Figura 2.10).



Figura 2.10.  
Vibrado de la  
mezcla  
en molde  
con vibrador.

### 2.3.7 Acabado del vertido de mezcla

Para terminar la construcción del AATN, se instala una tubería longitudinal (L3), la que dará forma a la cavidad inferior del arrecife. El objetivo de ésta cavidad es proporcionar mayor fijación del AATN en el substrato cuando este sea fondeado en el mar (Figura 2.11).

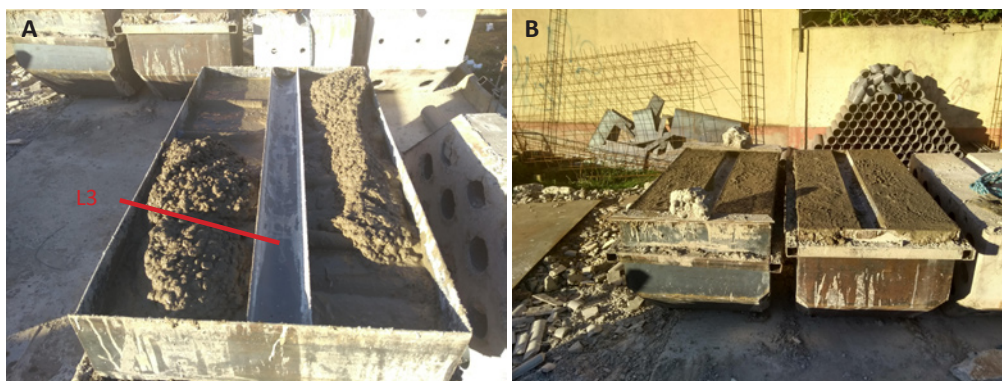


Figura 2.11. A) Instalación de tubería longitudinal L3 y B) acabado del AATN.

### 2.3.8 Curado

El curado se debe realizar para que el hormigón no se fisure y desarrolle las propiedades de durabilidad, impermeabilidad y resistencia, esto se logra manteniendo lo más húmedo posible el hormigón. Además, el lugar de construcción afectará este proceso, ya que dependiendo de las condiciones climáticas se deberá tener mayor o menor cuidado en esta etapa. Por ejemplo, si el lugar es muy frío se debe tener mayor cuidado para que el hormigón alcance su resistencia mínima. Para lo cual se recomienda un mínimo de 3 semanas de curado.

Los métodos de curado recomendables son los siguientes:

Curado húmedo: rociar con agua permanentemente, manteniendo una fina capa de agua sobre la superficie para evitar fisuras por secado prematuro.

Curado con láminas impermeables: posterior a la nebulización de agua en la superficie y cuando ya se pueda pisar, se deben colocar láminas de polietileno de 0,3 mm de espesor mínimo, sin ondulaciones y cubriendo completamente toda la superficie. Se debe usar preferentemente polietileno de color blanco para tiempo caluroso y de color negro para tiempo frío. Para mejorar la protección térmica, en condiciones climáticas extremas, especialmente en zonas frías, es recomendable utilizar polietileno alveolar (con burbujas).

Curado con compuestos químicos: se deben aplicar los compuestos químicos inmediatamente después del término del acabado superficial y antes que desaparezca el agua de exudación. Los compuestos químicos en base a solvente son más efectivos que aquellos en base acuosa.

### 2.3.9 Descimbrado

Descimbrar significa desmoldar o desarmar los moldes una vez que el hormigón vaciado en ellos, se haya fraguado parcialmente. El retiro del molde se debe realizar sin producir sacudidas ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón. El descimbrado depende de la resistencia que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales.









## **CAPÍTULO 3**

# **TRASLADO, INSTALACIÓN Y REACOMODACIÓN DE LOS ARRECIFES ARTIFICIALES DE TIPO NICHOS EN LA AMERBs**

El transporte de los Arrecifes Artificiales hacia las Caletas de Maitencillo y Quintay se realizó en 2 etapas, una en tierra y la otra en mar.

### 3.1 Etapa de traslado en tierra.

#### 3.1.1 Traslado por tierra a Caleta Quintay

Para el traslado de los arrecifes artificiales de tipo nicho (AATN), se empleó un camión con grúa con una capacidad de traslado de 25 arrecifes de 800 kg c/u, este camión se utilizó para el traslado de los AATN desde el lugar de construcción en Limache hasta la plaza de Quintay (Figura. 3.1), lugar donde se dispusieron para su posterior traslado al muelle, ya que debido a las dimensiones del camión este no podía llegar al muelle de la Caleta de Quintay. Para el traslado desde la plaza al muelle de la caleta, se empleó un camión de menores dimensiones con grúa y también para bajarlos desde el muelle al mar, donde eran recepcionados por un bote que los trasladaría a su lugar de fondeo en la AMERBs (Figuras 3.2 y 3.3 A y B).



Figura 3.1. Descarga de AATN en plaza de Quintay.



Figura 3.2. Traslado de AATN desde Plaza Quintay al muelle de la caleta.



Figura 3.3. A) Traspaso del AATN desde el camión al muelle. B) Descenso de arrecife al mar, unido a una boya de levante, para facilitar su traslado al lugar de fondeo.

### 3.1.2. Traslado por tierra a Caleta Maitencillo

En esta etapa se trasladaron los arrecifes artificiales, desde el lugar de construcción en Limache (Figura 3.4), hasta el muelle del puerto de Quintero ya que, a diferencia de Quintay, Caleta Maitencillo no dispone de un muelle para descargar los arrecifes en el agua desde un camión. Los arrecifes se traspasaron desde el muelle de Quintero a una barcaza (Figura 3.5 A, B y C) para su posterior traslado por mar a la AMERBs de Caleta Maitencillo.



Figura 3.4. Traslado de arrecifes AATN a muelle de Quintero.

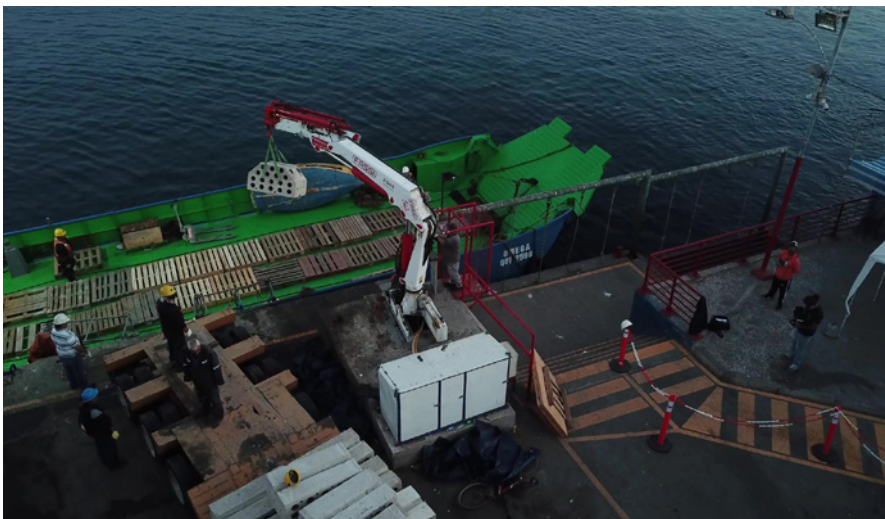
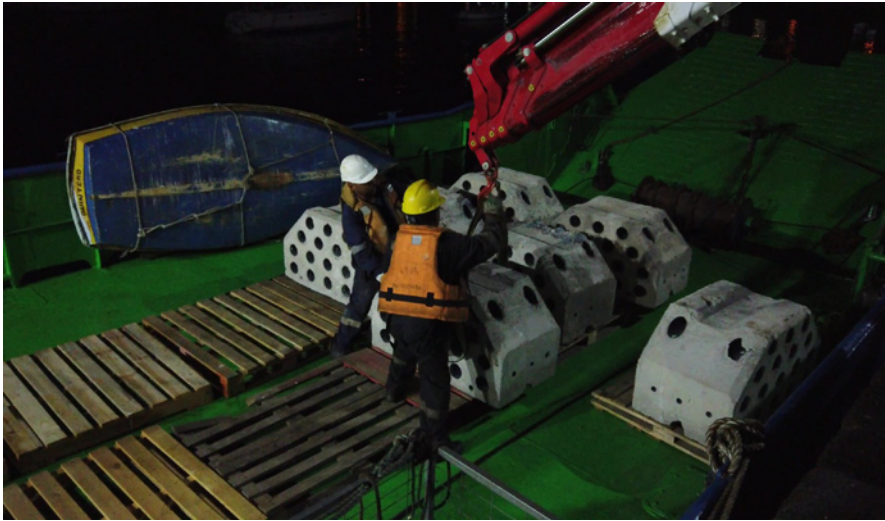


Figura 3.5  
A, B y C:  
Posicionamiento  
de AATN en barcaza  
para su traslado  
a AMERBs de  
Caleta Maitencillo

## 3.2 Traslado Etapa Mar

### 3.2.1 Traslado por mar en Caleta Quintay

Para el traslado de los arrecifes al lugar de fondeo en la AMERBs de la Caleta de Quintay se utilizó, un bote de los pescadores, una boya y cuerdas. El procedimiento consistía en realizar, en el muelle de la caleta, el amarre de los nichos artificiales a la boya de levante de un volumen de 1.500 L. Una vez armado el sistema boya-arrecife, este se depositaba en el mar con la grúa del camión. El bote esperaba que el sistema boya-arrecife estuviese posado en el mar, para acercarse y realizar las maniobras de amarre, para su posterior arrastre a la zona de fondeo (Figura 3.6 A, B, C y D).



Figura 3.6  
A), B), C) y D).  
Traslado de AATN  
desde el muelle  
al lugar de fondeo  
en la AMERBs.



### 3.2.2 Traslado por mar en Caleta de Maitencillo

El traslado se realizó por vía marítima en una barcaza desde el puerto de Quintero a la zona de la AMERBs. Mediante un sistema de poleas, se fueron bajando los arrecifes hasta la superficie, del agua, para luego con apoyo de buzos cortar el sistema de sujeción, de forma que los arrecifes cayesen sobre el fondo marino (Figura 3.7 A, B y C)..

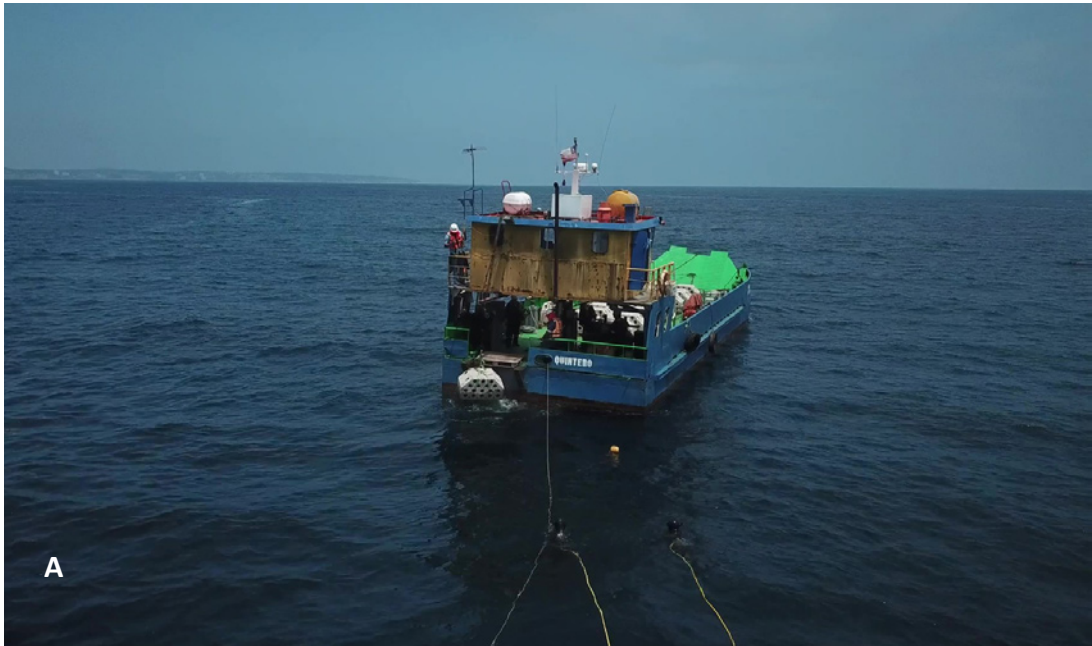


Figura 3.7 A), B) y C) Traslado de AATN desde muelle de Quintero al lugar de fondeo en la AMERBs de Caleta Maitencillo.





B



C

### 3.2.3 Reposicionamiento y reubicación de AATN una vez fondeados

Luego que los arrecifes se instalan en el fondo marino de las zonas de AMERBs, se procede a ponerlos en su posición de trabajo final o reubicarlos si quedan alejados de la zona definida. Este trabajo se realiza con el apoyo de buzos comerciales y globos de levante. El buzo amarra el arrecife a un globo de levante, el cual se llena con aire, por medio de un compresor, hasta que sea posible mover el arrecife al lugar definido (Figura 3.8 A, B, C y D).

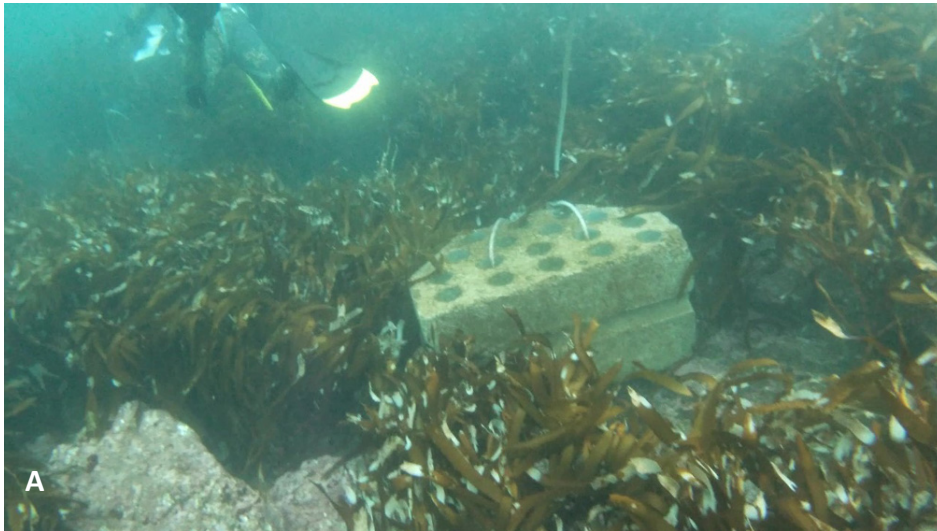
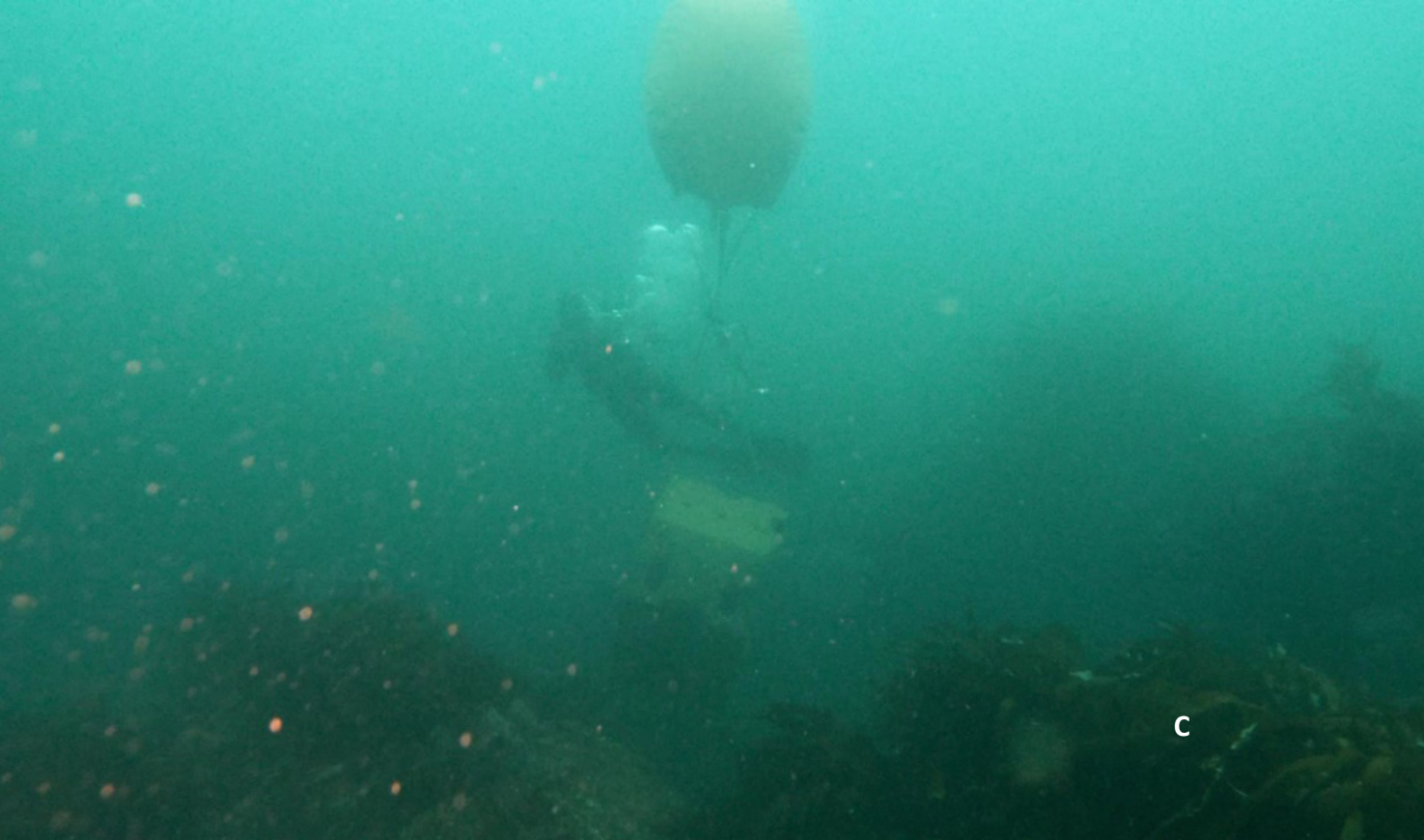
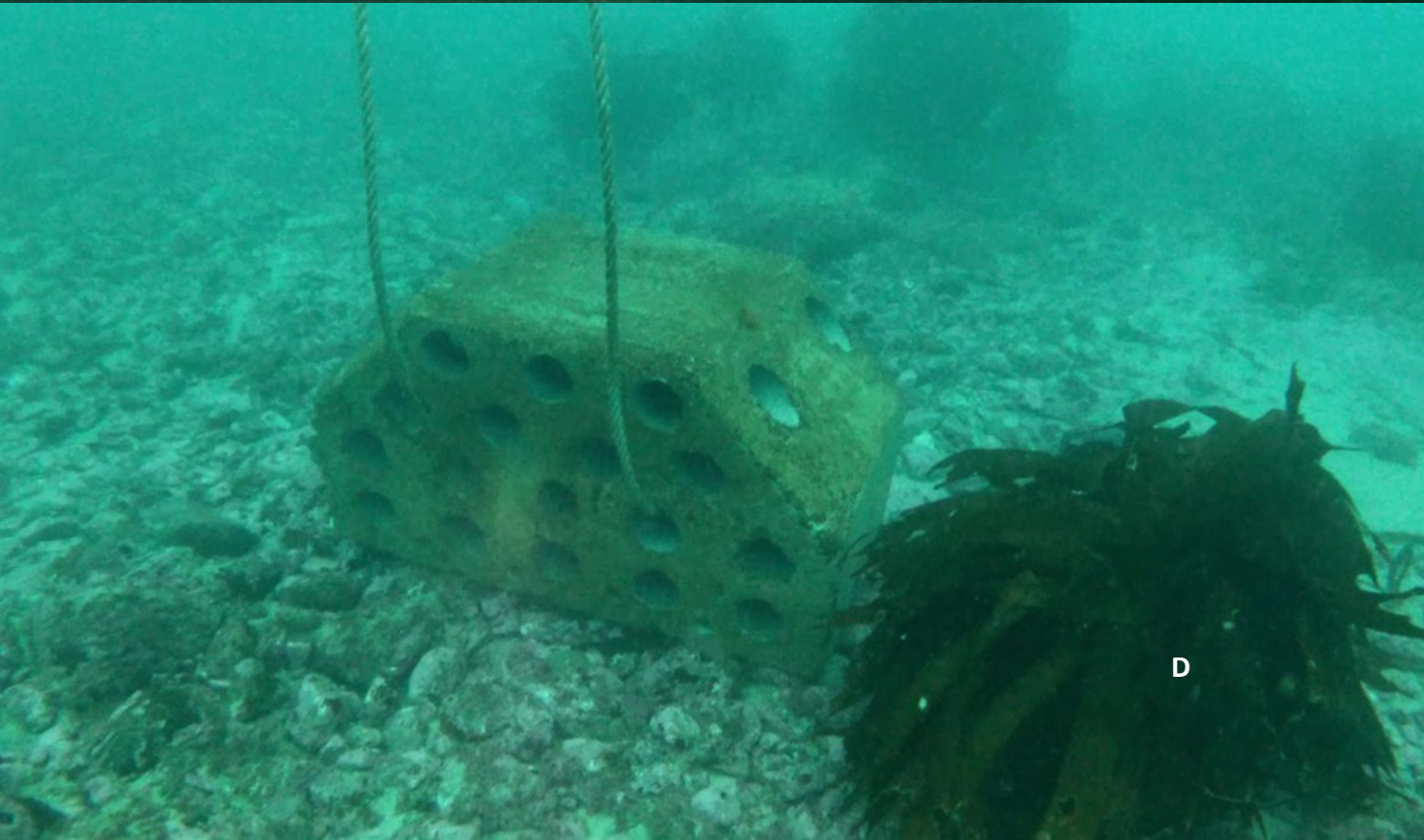


Figura 3.8 A), B), C) y D). Reposicionamiento y reacomodación de los AATN.



C



D





## **CAPÍTULO 4**

# **MONITOREO Y SUCESIÓN ECOLÓGICA**

La sucesión ecológica es un proceso en el cual se coloniza un sustrato nuevo desde cero. Primero comienza la adhesión de microorganismos comúnmente llamados Biofilm, los cuales cubren por completo el sustrato, favoreciendo el asentamiento de organismos más complejos como invertebrados menores, por ejemplo hidrozooos, briozoos, poliquetos y macroalgas. A medida que transcurre el tiempo, se establecen invertebrados mayores como jaibas, estrellas y peces que circundan y utilizan el nuevo sustrato como refugio y para alimentación. Las macroalgas continúan creciendo, ocupando mayor espacio. El resultado final muestra una comunidad más diversa que asemeja la comunidad de un sustrato rocoso natural cercano.

## 4.1. Metodología de muestreo

### 4.1.1. Inspección de comunidades bentónicas sésiles

Para el estudio de comunidades bentónicas sésiles, se utiliza la metodología de fotocuadrante, la cual consiste en utilizar un cuadrante, en este caso un cuadrápodio de 40x40 cm (Figura 4.1), fabricado con tubos de PVC. El cuadrante en su parte superior posee una estructura para conectar la cámara y así obtener fotografías siempre a la misma distancia. El arrecife se trabaja como un sistema (como si todas las estructuras fueran una gran roca o un área de fondo rocoso), es por esto que del total de arrecifes artificiales se escogen al azar un número representativo de estructuras respecto del total, a las cuales se les toman 3 fotografías con el cuadrápodio, dos a los costados y una a la parte superior (Figura 4.2).

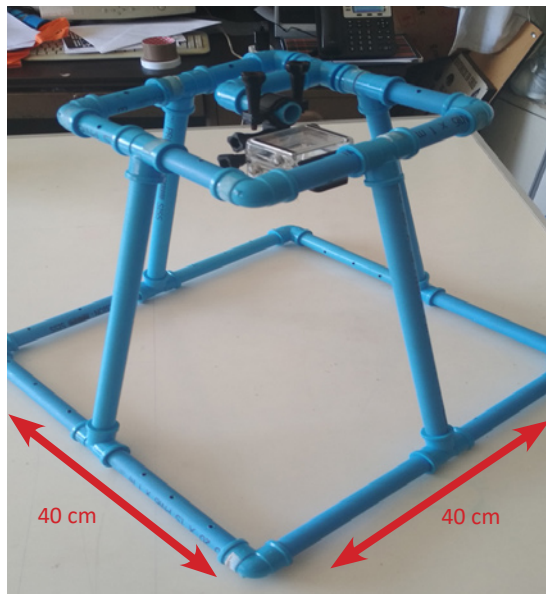


Figura 4.1. Estructura de cuadrápodio, con las medidas del área 40x40cm.



Figura 4.2. Ejemplo de cómo se utiliza el cuadrápodo para tomar las muestras fotográficas.

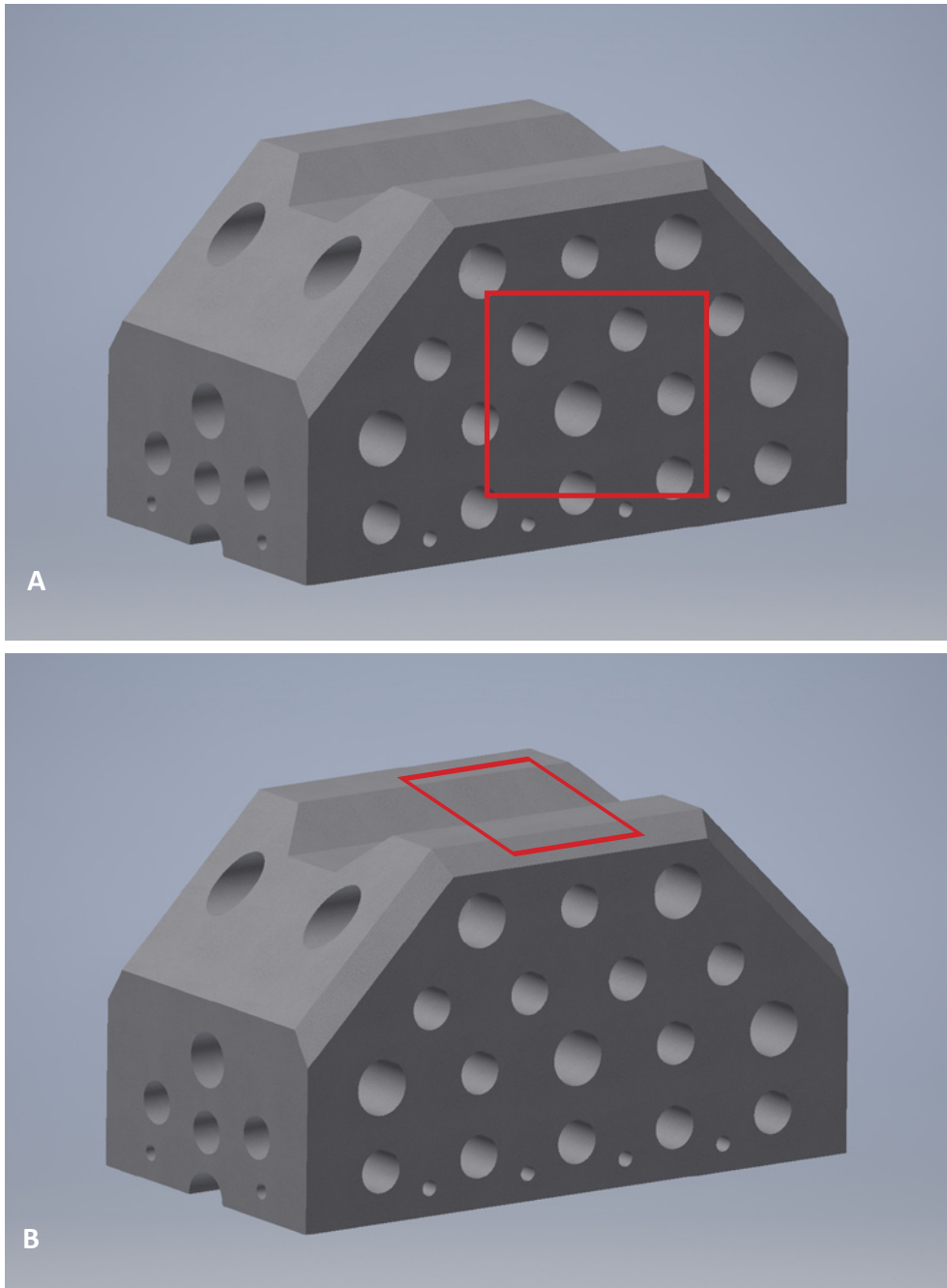


Figura 4.3. Estructura Arrecife Artificial Tipo Nicho (ATTN). A) punto al cual se le toma fotografía en los laterales de la estructura, B) punto que se debe fotografiar en la superficie de la estructura.



La misma metodología se utilizó para tomar muestras en la transecta de 30 m, instalada en una zona rocosa aledaña (Figura. 4.3), en la cual se escogieron 6 puntos donde se tomaron 3 fotografías en cada uno, estos se mantuvieron fijos durante todo el seguimiento, para poder comparar las comunidades en el ambiente natural, con los arrecifes artificiales.

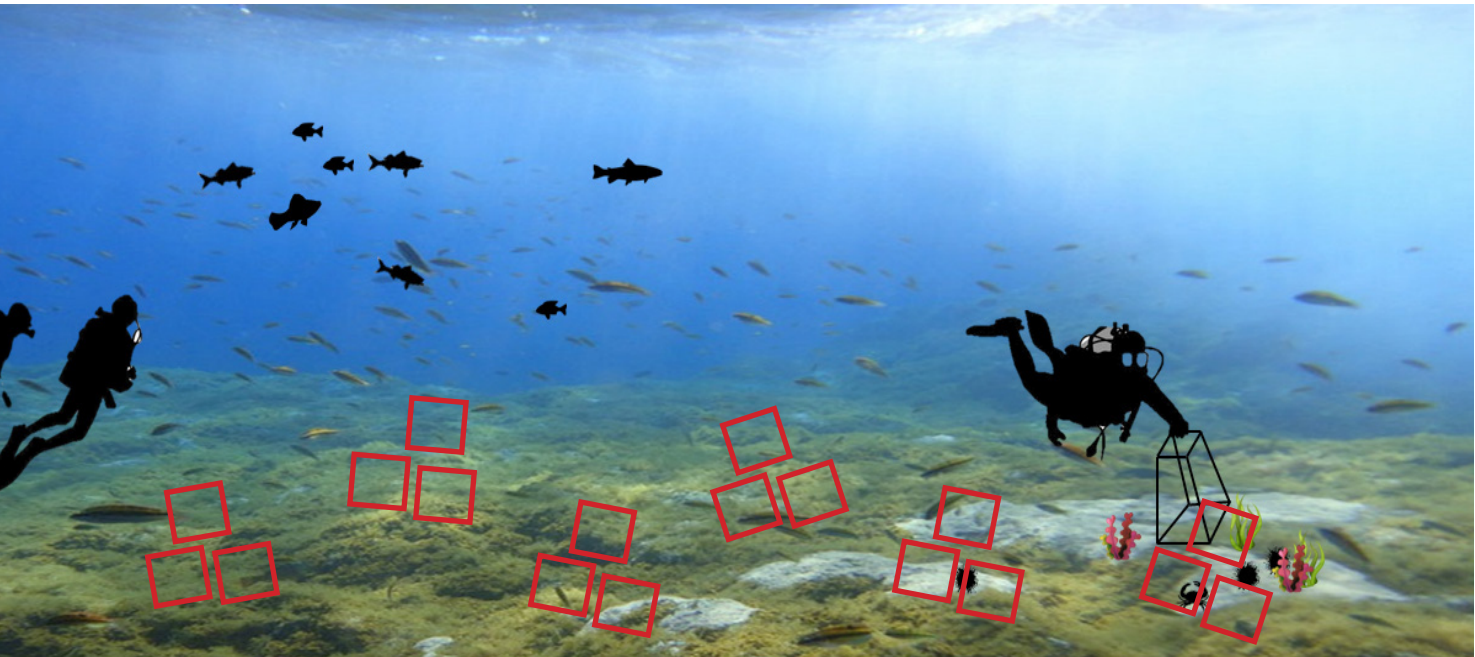


Figura 4.4. Ejemplo de monitoreo de transecta, los cuadros rojos indican los puntos que deben ser fotografiados, es importante que sea sobre rocas, ya que es lo que intentan asemejar los arrecifes artificiales.

### 4.1.2. Inspección de comunidades de peces

La evaluación de las comunidades ícticas se realiza mediante censos visuales. El método de inspección se debe ajustar según la visibilidad que hay al bucear en estas regiones en ciertos períodos del año. El trabajo de los buzos debe ser minucioso, nadando a baja velocidad para no espantar a los peces y cuidando bien de las anotaciones que se llevan para obtener un mejor registro de ellos.

En primer lugar, se hace un registro de las especies que son más escurridizas. Para lo cual, los buzos toman una distancia de 3 metros de altura, sobre los arrecifes artificiales y realizan un recorrido a lo largo de éstos registrando las especies avistadas. En esta clase de observaciones no se cuentan los peces que entran por detrás del campo visual del buzo. Posteriormente, se efectúa otra observación, más cercana a los arrecifes, revisando las superficies y los agujeros, de los arrecifes, enfocándose en los peces que son más sedentarios y que viven generalmente escondidos en las cavidades de los arrecifes. También se debe tomar registros audiovisuales.

### 4.1.3. Inspección de comunidades de macroinvertebrados

La evaluación de estas comunidades se realiza una vez se haya terminado el trabajo con las comunidades de peces. En este caso, los buzos registran exhaustivamente mediante video grabación cada superficie de los arrecifes artificiales, incluyendo las cavidades centrándose en los organismos móviles. Se debe anotar los arrecifes en los que se encontraron estos organismos.

## 4.2 Especies colonizadoras

Los arrecifes fueron capaces de agrupar variadas especies de peces. Entre ellas se encontraron especies de consideraciones comerciales como el rollizo (*Pinguipes chilensis*), bilagay (*Cheilodactylus variegatus*), jerguilla (*Aplodactylus punctatus*) y lenguado (*Paralichthys adspersus*). Además, se encontraron otras especies como la castañeta (*Chromis crusma*), borrachilla (*Scartichthys viridis*), trombollito de tres aletas (*Helcogrammoides* sp.) (Figura. 4.5 A), trombollito robusto (*Hypsoblennius sordidus*) (Figura. 4.5 B), chalaco (*Calliclinus geniguttatus*) y tiburón pintarroja (*Schoederichthys chilensis*).

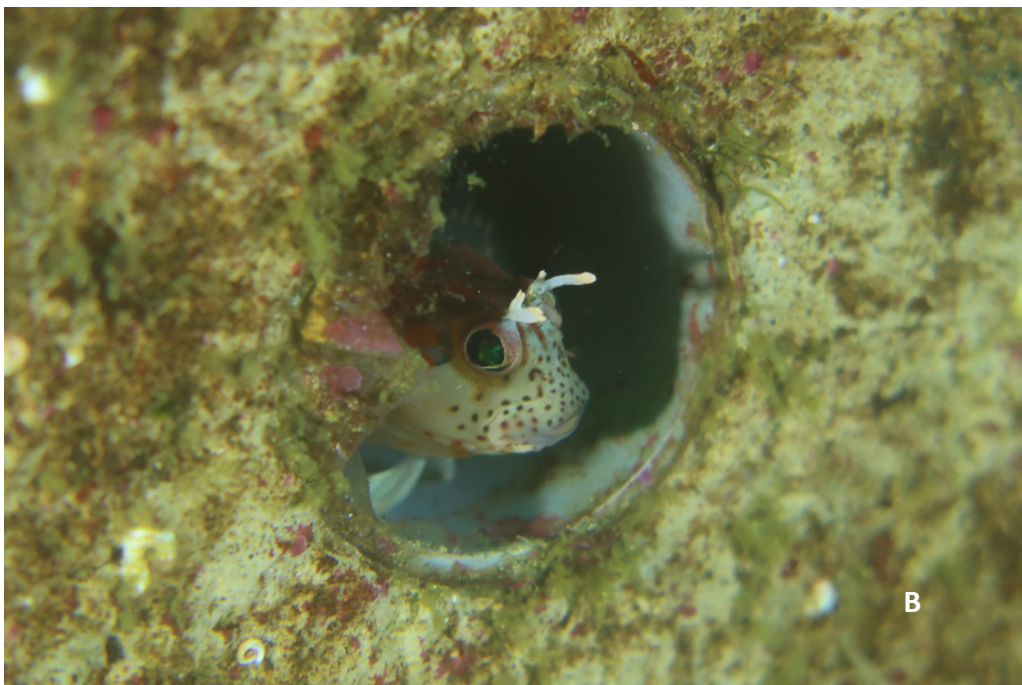
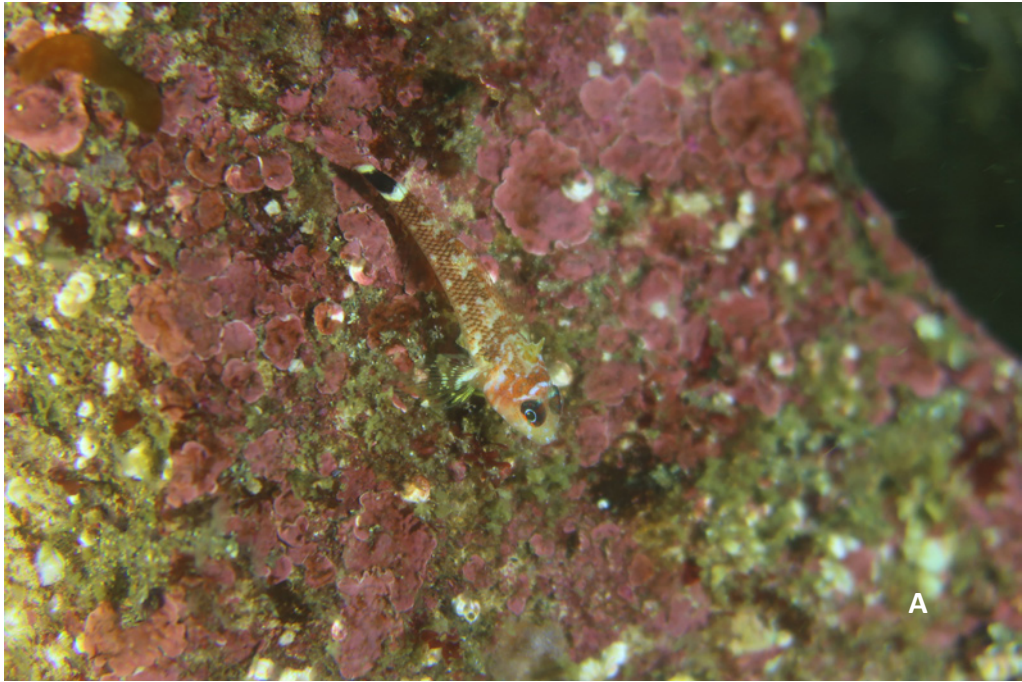


Figura 4.5. A) Trombollito de tres aletas utilizando la superficie del nicho. B) Trombollito robusto, dentro de la cavidad del AATN.

Respecto a los invertebrados móviles, se pudieron apreciar sobre los arrecifes moluscos como los caracoles negros (*Tegula* sp.) (Figura. 4.6 A), lapas (*Fissurella* sp.), crustáceos como cangrejos ermitaños (*Pagurus edwardsi*), panchote o cangrejo huiro (*Taliepus dentatus*) (Figura. 4.6 B) y jaibas moras (*Homalaspis plana*), chitones o quitones (poliplacóforos), entre otros y equinodermos como estrellas de mar (asteroideos) (Figura. 4.6 C) y erizos negros (*Tetrapygus niger*) (Figura. 4.6 D).



A

Figura 4.6. A) Presencia del caracol negro (el color rosado corresponde la adhesión de algas crustosas).

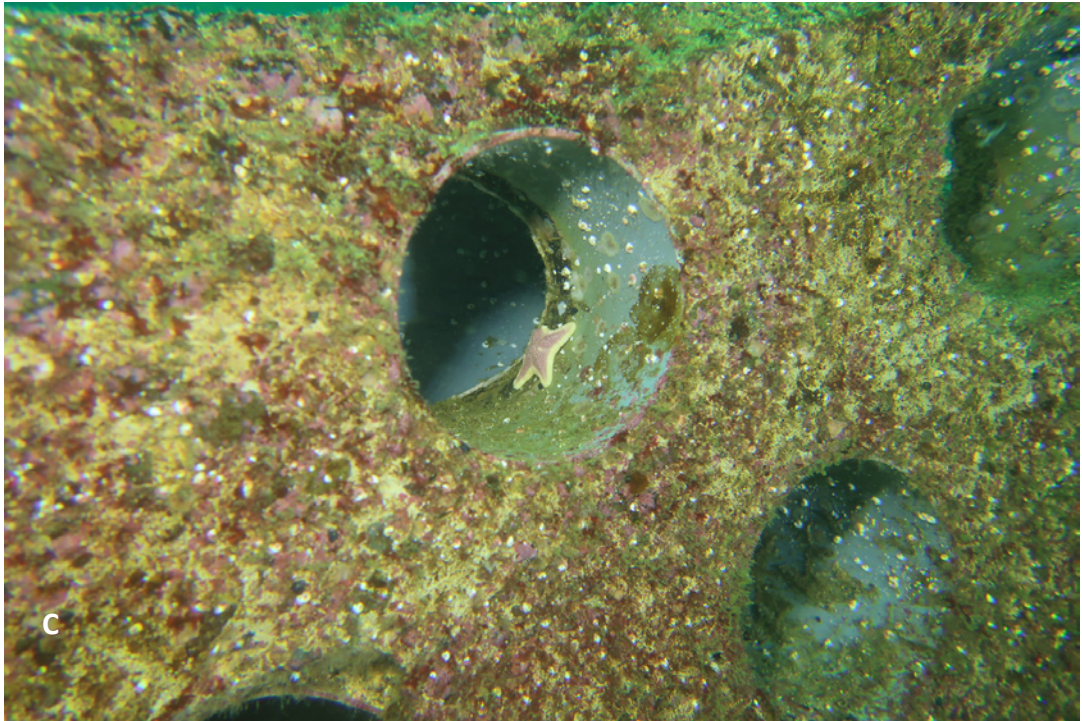
B) Se observa un panchote o cangrejo del huiro y distintos tipos de algas adheridas al AATN.

C) Se observa una estrella de mar dentro de la cavidad.

D) Se identifican un cangrejo panchote y un erizo negro.



B



### 4.3 Secuencia aparición de especies

El siguiente esquema (Figura 4.7) representa la sucesión de especies que comienzan a aparecer en los AATN de Caleta Quintay en los 10 meses que llevan instalados. En el primer cuadro se mencionan las primeras especies en colonizar, a medida que transcurre el tiempo se van agregando más especies, sin necesidad que desaparezcan las mencionadas anteriormente.

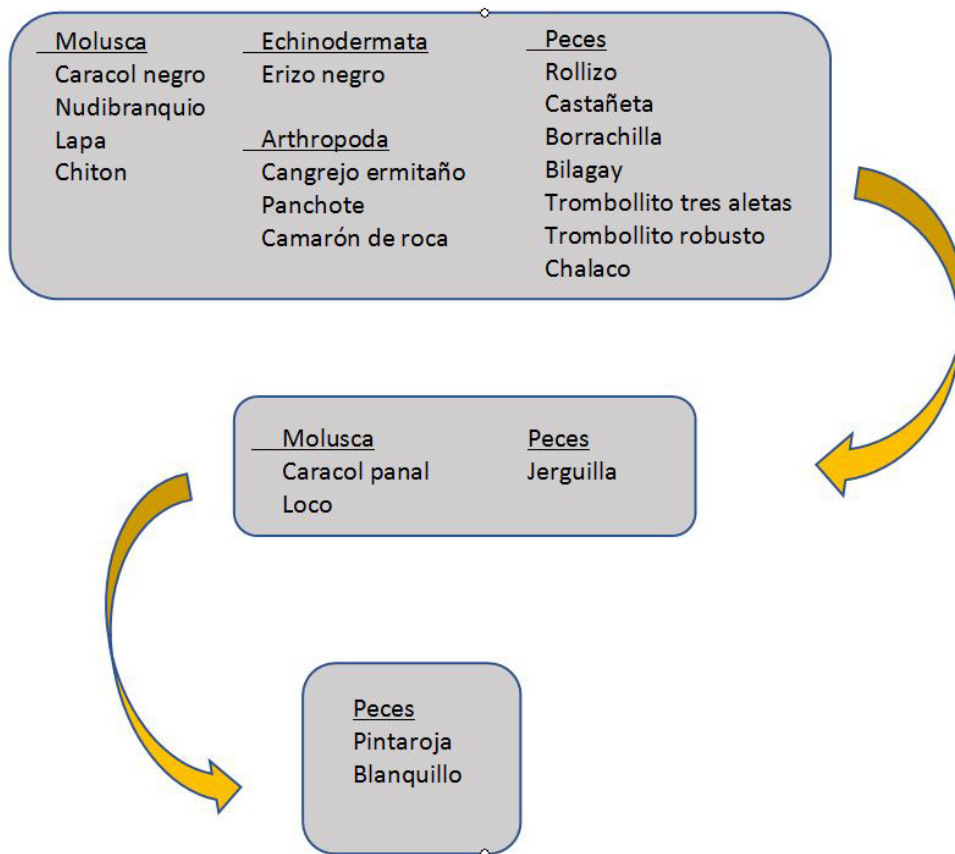


Figura 4.7. Esquema de colonización de especies sobre los arrecifes artificiales en Caleta Quintay.

El esquema siguiente (Figura. 4.8) representa la sucesión de especies en Caleta Maitencillo, con las mismas características nombradas anteriormente.

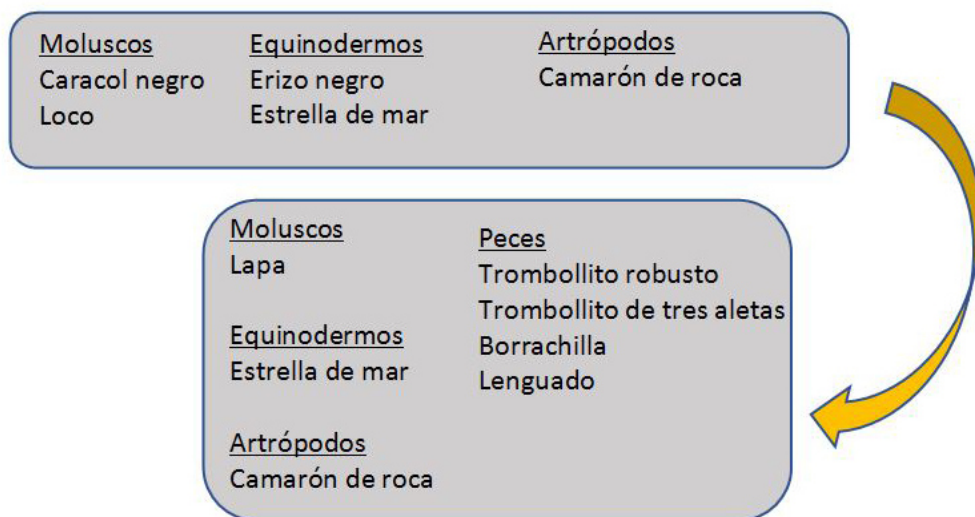


Figura 4.8. Esquema de colonización de especies sobre los arrecifes artificiales en Caleta Maitencillo.

### 4.3.1 Secuencia de colonización Caleta Quintay

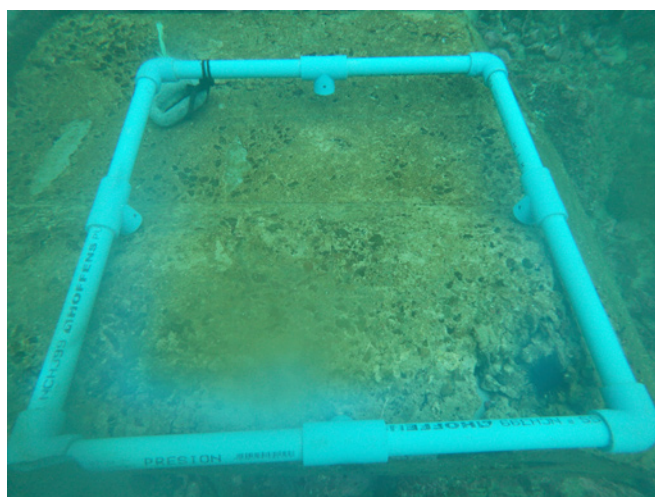


Figura 4.9. Primera fotografía de los AATN a partir del 4 mes de instalados. Se observa sobre esta estructura la primera capa biológica denominada biofilm, compuesta principalmente de bacterias y otros microorganismos que dan paso al asentamiento de otros seres vivos más grandes.



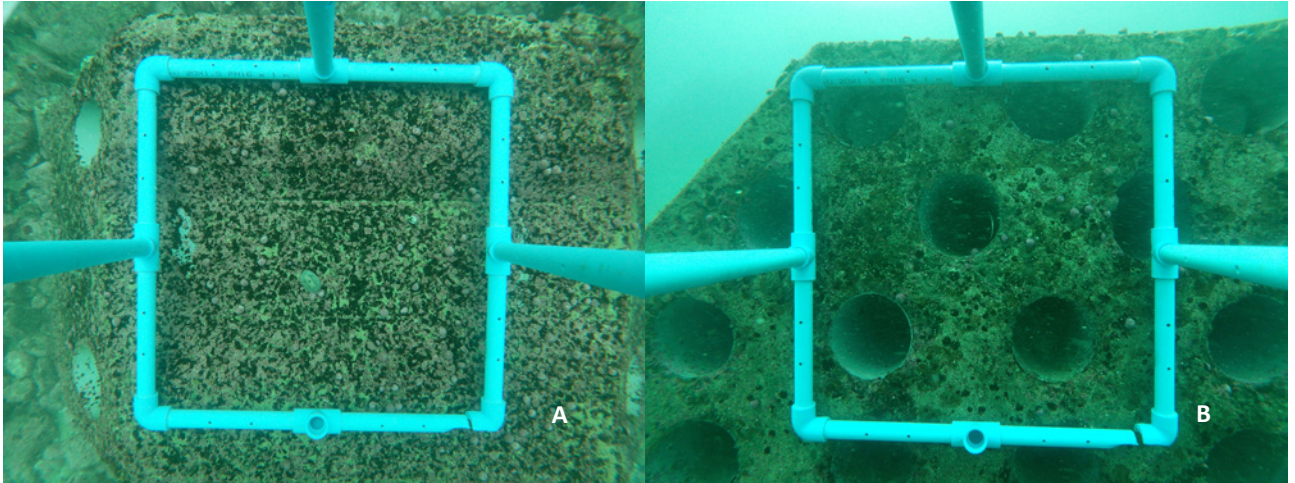


Figura 4.10. A) Transcurridos 7 meses desde la instalación de los AATN, se observa el asentamiento de algas crustosas y B) animales como el caracol negro y el chitón.

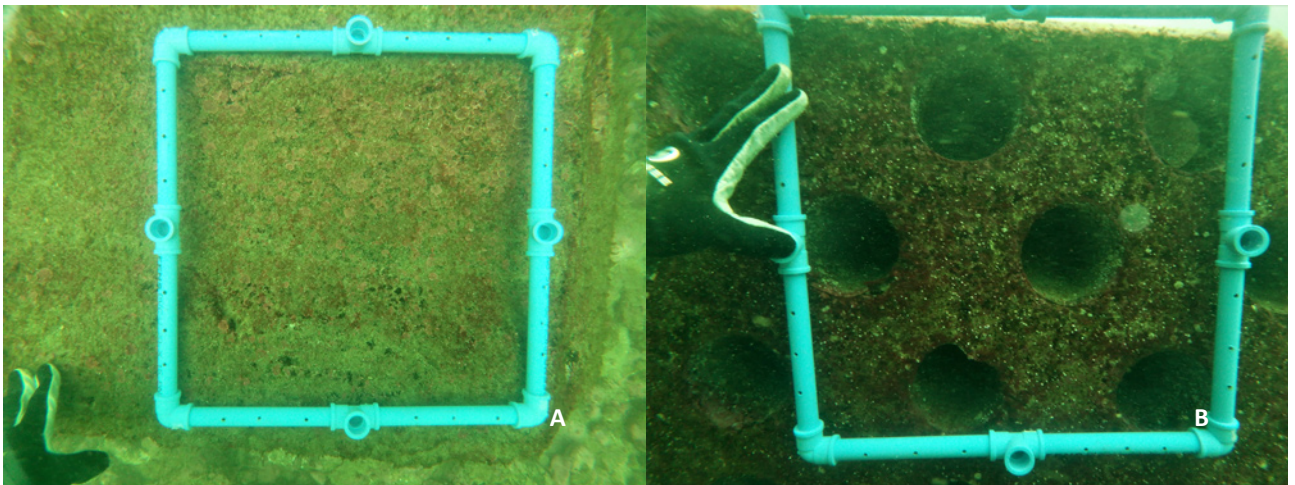


Figura 4.11. A) Después de 9 meses se observa el crecimiento de otras algas rojas y B) otros animales como poliquetos, hidrozooos y briozoos.

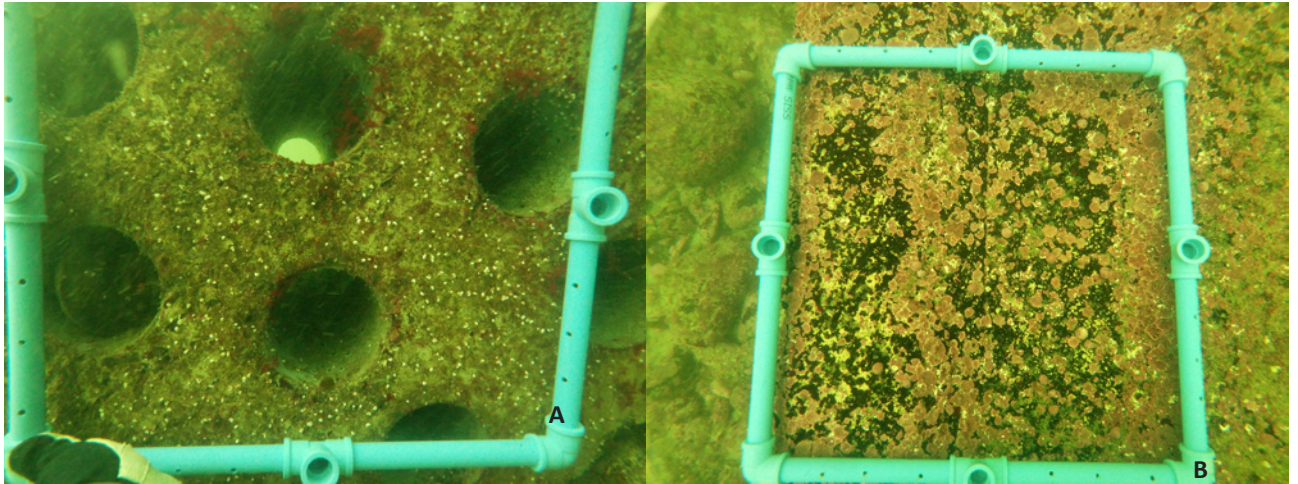


Figura 4.12. A) Luego de 11 meses de instalados los AATN, se puede evidenciar el dominio de las algas crustosas sobre la superficie de los AATN. B) También se ve el desarrollo del alga carola (*Callophyllis variegata*) sobre los AATN.

#### 4.3.2 Secuencia de colonización Caleta Maitencillo

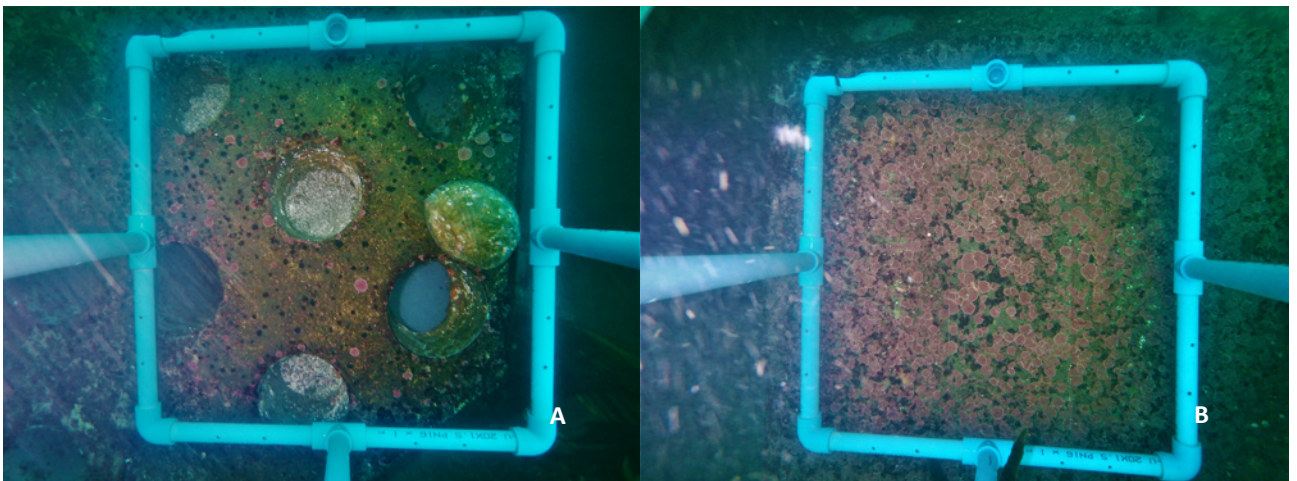


Figura 4.13. A) Primer registro de la colonización de los AATN luego de transcurridos 5 meses desde su instalación, donde se pueden identificar distintas algas adheridas al sustrato como las rosadas que corresponden a *Lhitotamnion* sp., además de un ejemplar de loco. B) Aún es posible observar gran parte del sustrato desnudo.

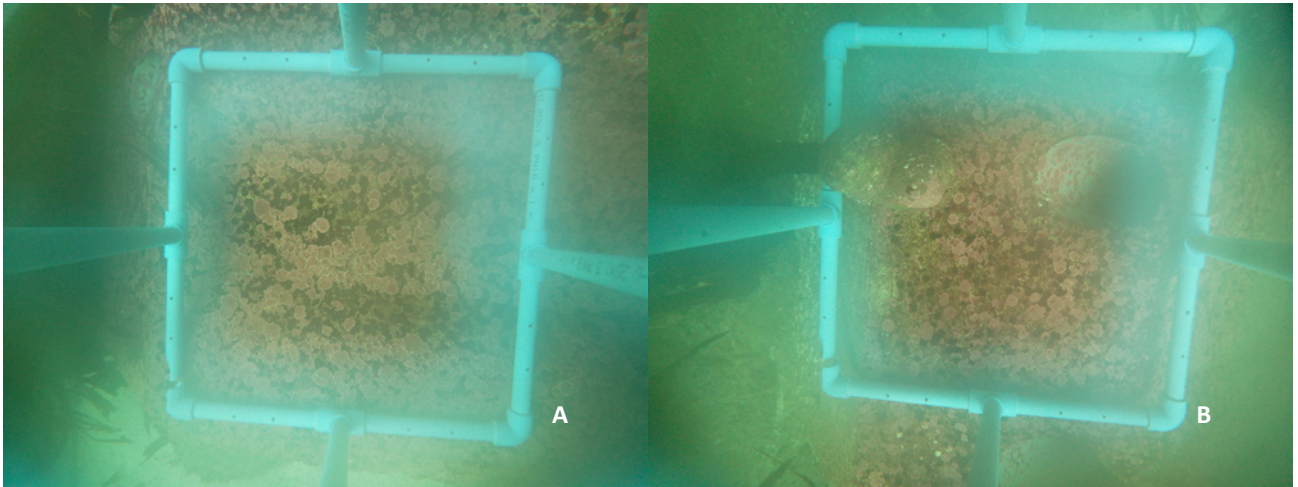


Figura 4.14. A) A los 7 meses desde que se instalaron las estructuras se sigue observando la presencia de algas crustosas y B) ejemplares de loco.

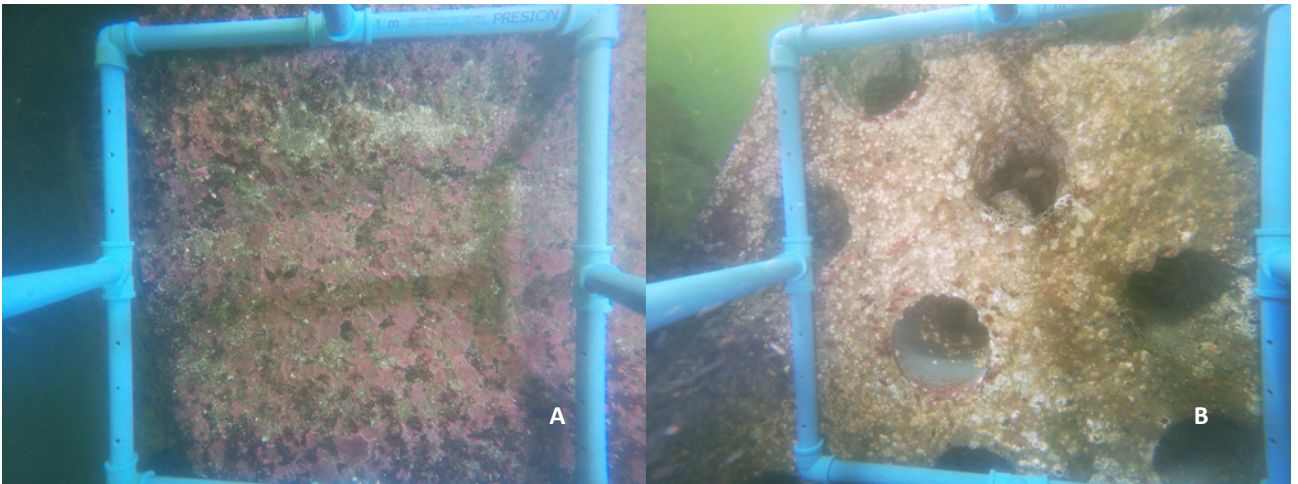


Figura 4.15. A) Luego de 9 meses, se observa cómo fueron variando las especies colonizadoras. En algunos AATN se mantiene la presencia de algas crustosas, B) mientras que en otras hay principalmente picorocos y poliquetos de tipo tubícolas.

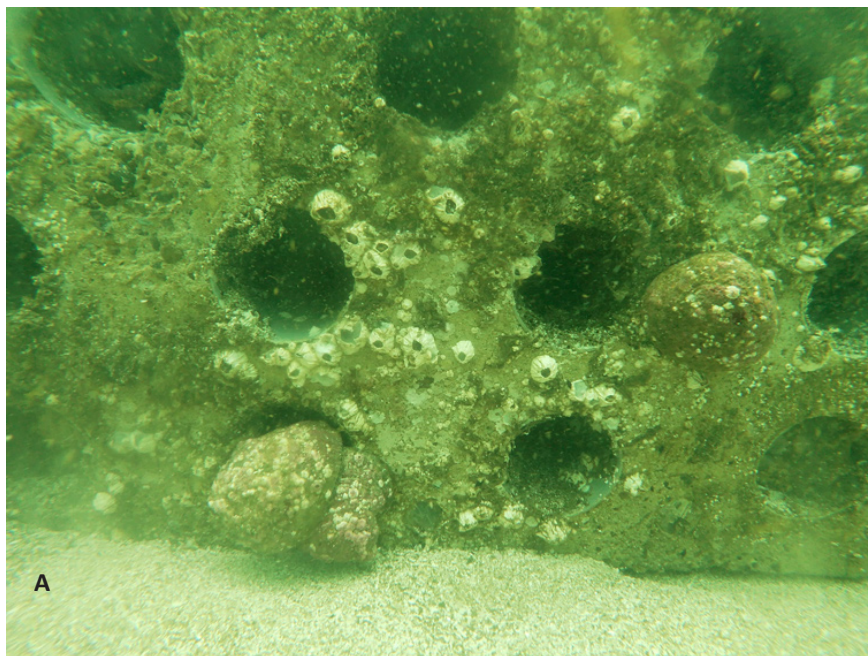
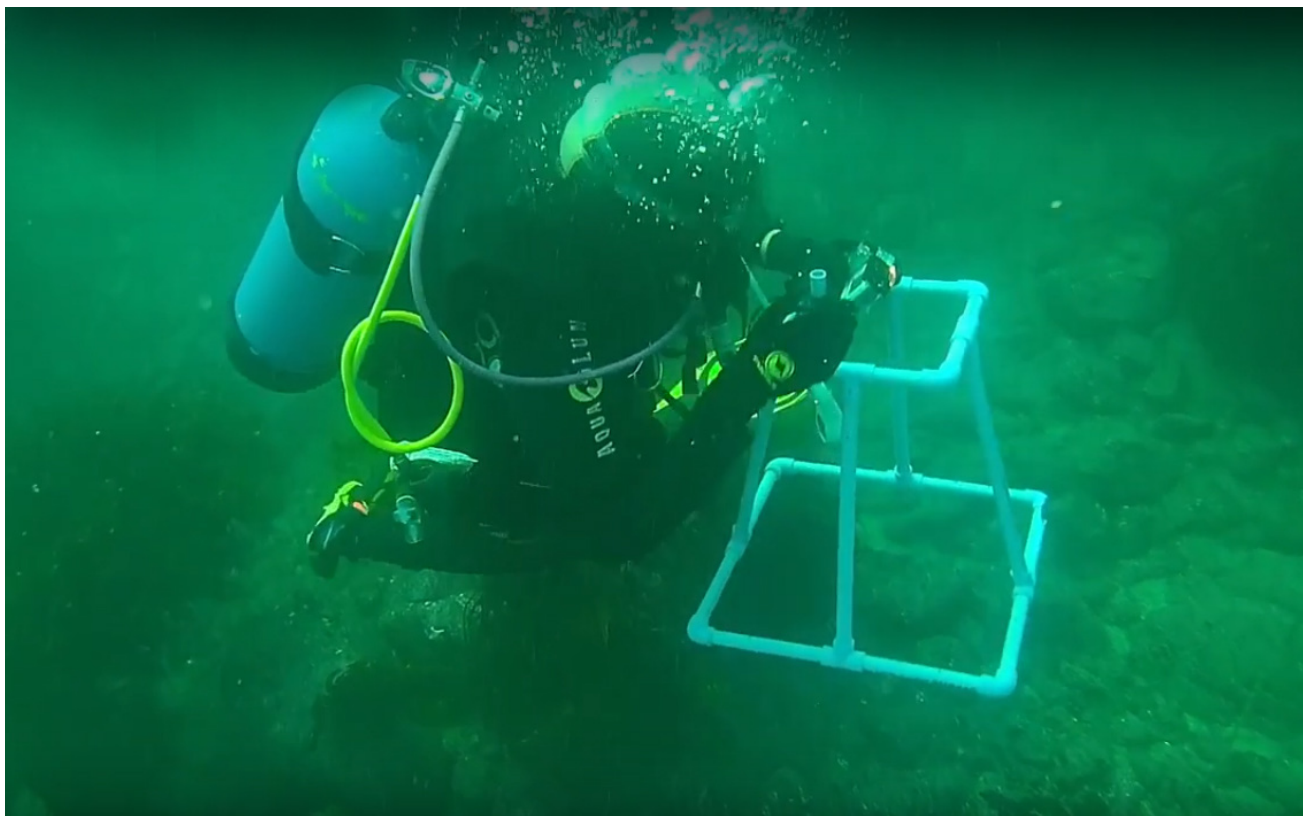


Figura 4.16. A) A los 10 meses, continúa la presencia de locos, B) la mayoría de los AATN se encuentra cubiertos por el poliqueto tubícola *Phragmatopoma virgini*, incluso cubriendo los orificios de las estructuras.







**ANEXOS**

# Fichas de identificación de especies para la práctica de buseo turístico

## Especies identificadas en arrecifes artificiales AATN

### Caletas Quintay y Maitencillo



Bilagay (*Cheilodactylus variegatus*)



Castañeta (*Chromis crasma*)



Pejesapo (*Sicyopterus japonicus*)



Chalaco (*Calliclinus geniguttatus*)



Borrachilla (*Scartichthys viridis*)



Lenguado (*Paralichthys adspersus*)



Pintarroja (*Schroederichthys chilensis*)



Caracol negro (*Tegula atra*)



Rollizo (*Pinguipes chilensis*)



Trombolito de tres aletas (*Helcogammoides chilensis*)



Jerguilla (*Aplodactylus punctatus*)



Chitón (*Tonicia chilensis*)



Caracol (*Alia unifasciata*)



Caracol panal (*Crassilabrum crassilabrum*)



Trombolito robusto (*Hypsoblennius sordidus*)



Vieja, mulata (*Graus nigra*)



Panchote, Cangrejo huiro (*Tolipeus dentatus*)



Cangrejo ermitaño (*Pagurus edwardsi*)

Camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*)

Erizo negro (*Tetrapygus niger*)

Erizo rojo (*Loxechinus albus*)

Nudibranquio, babosa de mar (*Thecacera darwini*)

Lapa (*Fissurella* sp.)

Loco (*Concholepas concholepas*)

Alga Carola (*Callophyllis variegata*)

Alga crustosa (*Lithophyllum* sp.)

Alga coral (*Corallina officinalis*)

Nudibranquio, babosa de mar (*Tyrinna delicata*)

Estrella de mar (*Stichaster striatus*)

Nudibranquio, babosa de mar (*Dialula variolata*)

Estrella júpiter (*Meyenaster gelatinosus*)

Estrella de mar (*Odontaster penicillatus*)

Huiro palo (*Lessonia trabeculata*)

Huiro flotador (*Macrocystis pyrifera*)

Alga (*Dictyota kunthii*)

Esta iniciativa ha sido financiada con aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de Valparaíso FIC-R 2017.



## Póster de difusión turística de especies

**ESPECIES COLONIZADORAS EN ARRECIFES ARTIFICIALES DE LA V REGIÓN**

**Logos:** Gobierno Regional de Valparaíso, CORE, Universidad de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar.

**Species List:**

- Blinga (*Cheilodactylus variegatus*)
- Jergilla (*Aplodactylus punctatus*)
- Botico (*Pagrus chilensis*)
- Vieja, muña (*Girella nigricans*)
- Castañeta (*Chromis crassa*)
- Trombillo de tres aletas (*Pleurogrammus chilensis*)
- Trombillo robusto (*Plyssobramis sordida*)
- Chaco (*Callinectes penicillatus*)
- Barrichillo (*Scorpaenopsis viridis*)
- Lenguado (*Paralichthys adspersus*)
- Pelameje (*Schroederichthys chilensis*)
- Estrella de mar (*Odontaster penicillatus*)
- Estrella plana (*Patria chilensis*)
- Erizo rojo (*Loxechinus albus*)
- Camarón de roca (*Rhynchocinetes typus*)
- Panchote, Cangrejo hufo (*Telipes dentatus*)
- Estrella júpiter (*Meymaister galathea*)
- Estrella de mar (*Scleraster striatus*)
- Erizo negro (*Tetrapygus niger*)
- Picoroso (*Austromegabalanus patricius*)
- Cangrejo arribado (*Pagurus elearia*)
- Jaba mora (*Homalopsis pilosa*)
- Caracol (*Alea unguiculata*)
- Caracol panel (*Crasallabum crassilabrum*)
- Caracol negro (*Tegula alata*)
- León (*Concholepas concholepas*)
- Nudibranco, babosa de mar (*Thecacera darwini*)
- Chitin, apretador (*Tonica chilensis*)
- Alga Corala (*Calciphragma variegata*)
- Alga coral (*Ceramium officinale*)
- Alga (*Cladophora kuetzingii*)
- Alga (*Lessonia trabeculata*)
- Alga (*Leptopyrum sp.*)

**Artificial Reef Structures:** Three types of reef structures are shown, including a large grey cube with holes, a smaller grey cube with holes, and a yellow structure with a central column.

**Text:** "Esta iniciativa ha sido financiada con aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de Valparaíso FIC-R 2011"

**Website:** [www.pucv.cl](http://www.pucv.cl)



Gobierno Regional  
Región de Valparaíso



“Esta iniciativa  
ha sido financiada  
con aportes del  
Fondo de Innovación  
para la Competitividad  
del Gobierno Regional  
de Valparaíso  
año 2017”

11 2009