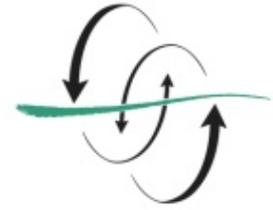


FACULTAD
DE CIENCIAS
DEL MAR



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

EL BUCEO CIENTIFICO EN LA MONITORIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS

JOSÉ ANTONIO MARTÍN GARCÍA

Curso 2017/2018

ÁNGEL LUQUE ESCALONA

Máster en Gestión de Recursos Pesqueros

El buceo científico en la monitorización de los ecosistemas osteros

Datos del Alumno

Nombre: José Antonio Martín García

Provincia: Las Palmas

Titulación: Máster Gestión Sostenible Recursos Pesqueros

Datos del Tutor

Nombre: Ángel Luque Escalona **Categoría:** Catedrático Universitario

Departamento: Biología **Edificio:** Ciencias Básicas

Empresa: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Las Palmas de Gran Canaria a 28 de junio de 2018

Firma del Alumno

Firma del Tutor

Resumen

El buceo científico se ha convertido en una herramienta para el conocimiento del mar debido al avance de las tecnologías de buceo autónomo que han dado una mayor independencia al buceador, con la capacidad de poder estar mucho más tiempo en el fondo y observar los ecosistemas sumergidos, su biocenosis y el comportamiento de las especies.

La comunidad científica internacional a través de las distintas organizaciones internacionales reconoce el buceo científico como una herramienta necesaria para la investigación científica, llegándola a definir tanto el buceo científico como al buceador científico y al equipo científico entre otros.

La Unesco al igual que otras organizaciones editan manuales conjuntamente con Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS) sobre la ética y el comportamiento del buceador científico en el medio marino, así como los estándares de seguridad en el buceo científico.

Esto hace que se planteara dicha actividad de buceo como diferente del buceo profesional y el buceo deportivo recreativo. El decreto del Ministerio de Fomento de 1997 sobre las normas de seguridad en el buceo estableció que debía seguir la normativa del buceo profesional, por lo que se recogieron firmas en todas las universidades y centros de investigación españoles para modificarlo. En el año 2000 se publicó un decreto modificando en parte las normas de seguridad en el buceo e introduciendo la figura del buceador científico, esta normativa sigue en vigor actualmente.

Actualmente se ha propuesto una nueva normativa y el Ministerio de Fomento ha abierto un periodo de consultas sobre la misma para su revisión y publicación.

Con la publicación de las directivas europeas de calidad de aguas y de protección del medio marino y su implantación e implementación en España, se ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un grupo muy amplio de buceadores científicos que atiendan las múltiples necesidades de monitorización para evaluar el estado ambiental de los ecosistemas sumergidos y tomen todos los parámetros que exigen las directivas.

Se exponen las técnicas de trabajo necesarias para esta monitorización, desde la organización de las campañas hasta la toma de datos, evaluando la necesidad de la realización de cursos que cubran las necesidades de formación en buceo científico. Estos cursos acreditan el conocimiento del medio marino, técnicas de trabajo y seguridad en el buceo. Algunas organizaciones como CMAS otorgan títulos reconocidos por la Unesco.

Hoy día se imparten cursos en muchas universidades nacionales e internacionales, así como muchísimas organizaciones internacionales acreditan cursos de buceadores científico, señalando los requisitos de contenido, todos ellos tienen en común no solo el conocimiento sobre la actividad científica subacuática si no sobre la seguridad en la práctica del buceo científico.

Las materias impartidas en estos cursos son variadas y amplias intentando cubrir todos los conocimientos sobre el medio marino, como: Biología, Ecología, Física, Fisiopatología, Estadística, Arqueología, Instalación de equipos de medición, Fotografía, Vídeo, Primeros auxilios, Rescate, Legislación, Coordinación de campañas, Normas de seguridad, etc.

Estos títulos tienen validez en muchos países, pudiendo ser contratados y ejercer como buceadores científicos, dando una salida más a los futuros titulados de las diferentes carreras dedicadas al medio marino.

Las asignaturas impartidas en estos cursos son variadas e integrales tratando de abarcar todos los conocimientos sobre el medio marino, tales como: Biología, Ecología, Física, Fisiopatología, Estadística, Arqueología, Instalación de equipos de medición, Fotografía, Video, Primeros auxilios, Rescate, Legislación , Coordinación de campañas, Reglas de seguridad, etc.

Abstract

Scientific diving has become a tool for knowledge of the sea due to the advancement of autonomous diving technologies that have given greater independence to the diver, with the ability to be much longer in the bottom and observe the underwater ecosystems, its biocenosis and the behavior of the species.

The international scientific community through the different international organizations recognizes scientific diving as a necessary tool for scientific research, arriving to define both the scientific diving as the scientific diver and the scientific team among others.

Unesco, like other organizations, publishes manuals together with CMAS on the ethics and behavior of the scientific diver in the marine environment, as well as safety standards in scientific diving.

This causes that said diving activity to be considered as different from professional diving and recreational sports diving. The decree of the Ministry of Public Works of 1997 on safety standards in diving established that it should follow the rules of professional diving, so that signatures were collected in all Spanish universities and research centers to modify it. In 2000 a decree was published modifying in part the safety rules in diving and introducing the figure of the scientific diver, this regulation is still in force at the moment.

Currently, a new regulation has been proposed and the Ministry of Development has opened a period of consultations on it for its review and publication.

With the publication of the European directives on water quality and the protection of the marine environment and its implementation and implementation in Spain, the need to have a very large group of scientific divers that meet the multiple needs of monitoring has been highlighted. evaluate the environmental status of submerged ecosystems and take all the parameters required by the directives.

The necessary work techniques for this monitoring are exposed, from the organization of the campaigns to the taking of data, evaluating the need of the realization of courses that cover the needs of training in scientific diving. These courses certify the knowledge of the marine environment, work techniques and safety in diving. Some organizations such as ac CMAS grant degrees recognized by Unesco.

Nowadays courses are given in many national and international universities, as well as many international organizations accredit courses of scientific divers, pointing out the requirements of content, all of them have in common not only

the knowledge on the underwater scientific activity but on the security in the practice of scientific diving.

These titles are valid in many countries, being able to be hired and to practice as scientific divers, giving a more exit to the future graduates of the different races dedicated to the marine environment.

The subjects taught in these courses are varied and comprehensive trying to cover all about the marine environment, such as: Biology, Ecology, Physics, Physiopathology, Statistics, Archeology, Installation of measuring equipment, Photography, Video, First Aid, Rescue, Legislation , Coordination of campaigns, Security rules, etc.

Índice general

Lista de figuras	XI
Lista de tablas	XIII
Acrónimos	XV
1. Introducción	1
1.0.1. Definición de buceo y buceador Científico	1
1.0.2. Finalidad del buceo científico	2
1.0.3. Objetivos del trabajo	3
2. Material y métodos	5
3. Resultados	7
3.1. Situación legal del buceo científico	7
3.1.1. Situación legal del buceo científico en España	7
3.1.2. Situación legal del buceo científico en Canarias	9
3.2. Exigencia legales de monitorización de ecosistema	10
3.3. Campañas de monitorización	13
3.3.1. Coordinador científico	13
3.3.2. Jefe de seguridad	14
3.3.3. Buceadores	15
3.3.4. Soporte a los buceadores y otro personal	15
3.3.5. Suministro de aire	16
3.3.6. Plan de contingencia	16
3.3.7. Programación de tareas operativas en todas las fases	17
3.3.8. Análisis de los datos necesarios del punto de inmersión	17
3.3.9. Preparación final y Chequeo de seguridad	18
3.4. Técnicas de muestreo submarino para la monitorización biológica de los ecosistemas sumergidos	18

3.4.1. Transepto	20
3.4.2. Censos visuales	21
3.4.3. Cuadrantal	23
3.4.4. Campo de trabajo	23
3.4.5. Recogida de biomasa	24
3.4.6. Recogida de sedimentos	25
3.4.7. Fotografía	26
3.4.8. Video	27
3.5. Formación de los buceadores científicos	28
3.5.1. Contenido de los cursos de buceo científico	29
3.5.2. Titulación buceador científico	33
4. Discusión	37
5. Conclusiones	41
6. Bibliografía	43
Anexos	49
A. Primer anexo	49

Índice de figuras

3.1. https://www.educa2.madrid.org/web/adiaz2/las-costas-peninsulares-espanolas	10
3.2. Buceador Científico: Transepto.	21
3.3. Buceador Científico: use Belt Transect Method (English et al., 1997).	22
3.4. Buceador Científico: Censo Visual	22
3.5. Buceador Científico: Cuadrantal	23
3.6. Buceador Científico: Campo de trabajo	24
3.7. Buceador Científico: Sin aletas y capucha.	25
3.8. Buceador Científico: Campo de trabajo.	26
3.9. Buceador Científico: Cuadrícula fotográfica, Cámara estereoscópica https://www.pinterest.es	27
3.10. Buceador Científico: Video submarino y ROV	28
3.11. http://www.fotoseimagenes.net/tablas-de-descompresion CMAS.	31
3.12. http://formacion.cruzvermella.org/Auxilios en el Buceo	33
3.13. http://clubpastinaca.blogspot.com.es kit de Oxigenación.	33
3.14. Certificaciones CMAS.	35
4.1. http://buceocientifico.com	39

Índice de tablas

A.1. Universidades y Escuelas Superiores	50
A.2. Países	51

Acrónimos

AAUS	America Academy of Underwater Sciences
ACUC	America Certification Underwater Candian
ANECA	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación
BEA	Buen Estado Ambiental
CAUS	Canadian Association for Underwater Science
CE	Comunidad Europea
CMAS	Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas
CR	Cruz Roja
ESDP	European Scientific Diving Panel
FP	Formación Profesional
GEAS	Grupo Especial de Actividades Subacuáticas
GPS	Global Positioning System
IDEA	International Diving Educators Association
IEO	Instituto Español de Oceanografía
IANTD	International Association of Nitrox and Technical Divers
MF	Ministerio de Fomento
NAUI	National Association of Underwater Instructors
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OAG	Observatorio Ambiental Granadilla
PADI	Professional Association of Diving Instructors
PIO	Profundidad Inclinación Orientación
PROMAR	Directivas Europeas del Agua y de la Protección del Medio Marino

PROTEC Organización Internacional CMAS

PVC Policloruro de Vinilo

RAE Real Academia Española

ROV Remote Operated Vehicle

SSI Scuba Schools International

TFM Trabajo Fin de Máster

UNESCO United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UE Unión Europea

1 Introducción

Este trabajo va dirigido al desarrollo de la actividad científica en el medio submarino, mas concretamente en la zona sub-mareal entre los 3 y los 60 m de profundidad, para la realización de estos estudios de investigación se emplea como herramienta el buceo científico.

1.0.1 Definición de buceo y buceador Científico

Según la Real Academia Española (RAE) no existe la definición de “buceador científico”, como tampoco existe para el “buceador profesional” o el “buceador deportivo recreativo”. Pero si existen los términos de buceador o buceadora (que bucea), bucear (nadar con todo el cuerpo sumergido, trabajar como buzo, explorar acerca de algún asunto material o moral). También define la RAE el termino submarinista como persona que practica el submarinismo, perteneciente o relativo al submarinismo, individuo de la armada especializado en el servicio de submarinos y, por último, encontramos la definición de submarinismo como el conjunto de actividades que se realizan bajo la superficie del mar, con fines científicos, deportivos, militares, etc.

Mientras que otras organizaciones de buceo la definen de la siguiente forma:

La America Academy of Underwater Sciences (AAUS), lo define Como el buceo realizado únicamente como una parte necesaria de la investigación científica, o la actividad educativa, cuyo objetivo exclusivo es realizar la inmersión como tareas de conocimiento científico.

La CMAS, como el ”buceo ejecutado por individuos, necesario o como parte de una investigación científica o actividad educativa de un proyecto o estudio, desenvuelto bajo la jurisdicción de una institución educativa o de investigación publica o privada, u organización similar”.

European Scientific Diving Panel (ESDP) señala que el buceador científico es un buceador capaz de actuar como miembro de un equipo de buceo científico. Él o ella puede alcanzar este nivel ya sea por un curso o en el campo de entrenamiento y experiencia, bajo supervisión adecuada o por una combinación de estos dos métodos.

El Observatorio Ambiental Granadilla (OAG), la define como: Toda aquella inmersión en el medio hiperbárico derivada de una actividad de investigación científica, incluida la monitorización ecológica.

Aunque existe algún matiz diferenciador en las definiciones anteriores, estas son insignificante, constatando todas las definiciones que el buceo científico es

una actividad desarrollada en un medio hiperbárico con el fin de realizar una investigación científica o educativa.

Luego se podría definir al buceador científico como un científico que desarrolla su actividad bajo la superficie del mar utilizando el buceo como herramienta de trabajo.

La actividad científica subacuática se realiza en todos los países del mundo, como así lo demuestran los diferentes artículos publicados en las diferentes revistas científicas [34], la utilización de este sistema de muestreo, se puede ver perfectamente en los artículos publicados [12].

Las organizaciones han considerado y así lo demuestra sus estándares y normativas al buceo científico como una herramienta útil, sin la cual la actividad investigadora subacuática no estaría totalmente desarrollada al no poder comprobar in-situ los procesos biológicos que ocurren en la naturaleza.

El buceo científico ha ido evolucionando a la par que el buceo profesional y el buceo deportivo recreativo, al mejorar sus técnicas y equipos, también ha mejorado la seguridad en el buceo científico, así como en las técnicas de muestreos. No debemos olvidar que el buceador científico realiza al fin y al cabo un trabajo subacuático científico, este trabajo no está exento de riesgos y peligros, estando el buceador sujeto en todo momento a la legislación vigente y a las normas de seguridad de cada país.

Mediante el buceo científico se han podido hacer observaciones y mediciones in-situ, con estas técnicas se ha podido obtener información precisa y detallada de los fenómenos que ocurren en condiciones ambientales sumergidas marinas o dulceacuícolas, así como observaciones en el medio que de otra manera no hubiera sido posible adquirir sin las técnicas adecuadas [20].

Estas técnicas se han ido desarrollando a lo largo de los años en diferentes manuales de las distintas organizaciones internacionales y nacionales dedicadas al buceo científico, su validez hoy día ya no es discutida pues han servido como herramientas en las investigaciones marinas [29].

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) con el apoyo de la CMAS, creó el código ético para las prácticas del buceo científico, con el objeto de ofrecer una orientación a la hora de realizar los trabajos de investigación subacuático con seguridad, esto fue posible gracias a la colaboración de expertos y experimentados científicos que llevaban años desarrollando dicha actividad como buceadores científicos [37].

1.0.2 Finalidad del buceo científico

El buceo científico tiene como finalidad la observación marina, la realización de ensayos y experimentos o investigaciones científicas, siendo esto practicado por científicos o equipos de investigación científica, ya sean estudiantes, técnicos investigadores, profesores universitarios, doctores vinculados a grupos de trabajos, centros de investigación, institutos de investigación o universidades.

La necesidad de la mejora del conocimiento del medio marino y por lo tanto la aplicación del buceo científico ha constituido un objetivo de interés, las organizaciones internacionales como: AAUS, CMAS, UNESCO, National Oceanic

and Atmospheric Administration (NOAA), Canadian Association for Underwater Science (CAUS) entre otras, han puesto de manifiesto la importancia que tiene el buceo científico, esta es una herramienta útil para los estudios y conservación de los ecosistemas marinos, particularmente los ecosistemas costeros [28].

El buceo científico se puede aplicar en muchas de las áreas de conocimiento y disciplinas científicas como: Biología, Geología, Química, Arqueología, Oceanografía, etc., esta se puede poner en práctica en estudios de impactos ambientales, programas de seguimiento y descripción de ecosistemas marinos, inventarios de especies, estudio y conservación de la biodiversidad, etc.

Para la realización de dichos trabajos se requiere de la cualificación profesional como investigador y del conocimiento en las técnicas de buceo, para tal fin se imparten cursos donde se enseñan dichas técnicas de muestreos, la utilización de herramientas para el buen desarrollo de los trabajos y los planes de seguridad.

La seguridad es siempre lo más importante en todo trabajo que se realice en un medio hiperbárico, ya que se trabaja muchas veces en condiciones de poca o ninguna visibilidad, con temperaturas de agua normalmente baja, con corrientes frecuentes en superficie y submarinas, con temperaturas de agua normalmente baja, con corrientes frecuentes en superficie y submarinas, con temperaturas exteriores altas, donde el tiempo indicado para la realización del trabajo viene dado por la profundidad a la que se desarrolle dicho trabajo, el consumo de aire y la saturación del nitrógeno en los tejidos que puede exigir la realización de largo intervalo de descompresión.

1.0.3 Objetivos del trabajo

El presente trabajo tiene varios objetivos, el primero es hacer una revisión de la legislación Española tanto estatal como autonómica de la regulación del buceo científico, ya que existe la tendencia a confundir con el buceo profesional.

El segundo objetivo es analizar los requisitos del trabajo científico submarino exigidos por la implementación de las Directivas Europeas del Agua y de la Protección del Medio Marino (PROMAR) que ha establecido la necesidad de monitorización amplia de los ecosistemas marinos y costeros, así como la protección del entorno marino y sus aguas, que son de obligado cumplimiento por los países de la Comunidad Europea (CE).

Una vez analizadas las necesidades de monitorización otro de los objetivos del presente trabajo es analizar los requisitos necesarios en todos sus aspectos para la realización de las campañas de trabajo submarinas, para ello es necesario tener conocimientos sobre las diferentes técnicas de muestreos a realizar en los trabajos submarinos.

Mostrar las diferentes categorías y responsabilidades existentes en las campañas de investigaciones subacuáticas, las funciones que tiene cada uno y la responsabilidad dentro del equipo de trabajo.

La revisión de las diferentes publicaciones y técnicas de aprendizaje en el buceo científico, así como los manuales y guías publicadas por las diferentes organizaciones internacionales o nacionales dedicadas a la investigación marina.

Dentro de los objetivos analizaremos los diferentes cursos que son impartidos bien internacionalmente como nacionalmente, los planes de estudios, los objetivos que persiguen dichos cursos y la validez de los cursos realizados por las diferentes organizaciones.

2 Material y métodos

Al ser este un trabajo de documentación, la metodología empleada para su desarrollo ha sido la consulta de las fuentes bibliográficas, como: libros, apuntes, trabajos fin de grados, trabajos fin de master y los artículos relacionados con el trabajo fin de Máster.

La biblioteca de la Facultad de Ciencias del Mar, han sido una de las fuentes que he utilizado para obtener documentación, así como las redes informáticas disponibles en la Facultad de Ciencias del Mar y el Departamento de Biología.

Estas redes informáticas me han servido para obtener información sobre legislación, y diferentes publicaciones como: artículos, libros, notas de prensa, etc., en nuestro caso es la herramienta más adecuada para la realización del Trabajo Fin de Máster (TFM).

Las Consultas se realizaron a través de los programas comerciales como: Safari y Google Chrome entre otras.

Los equipos utilizados para la realización de esta búsqueda, han sido ordenadores personales, concretamente el Imac de 27 pulgadas de ultima generación y un MacBook, con procesador 1.7 Ghz Intel Core 15 con una memoria de 4 GB 1600 MHz DDR3 con un disco de arranque Macintosh Hd, impresora Hewlett-Packard 3300 pink HP y un disco duro externo de 1T que nos sirve para almacenar la información encontrada relacionada con el TFM.

Entre los diferentes programas usados están. El paquete de Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), Adobe Photoshop para el procesado de imágenes.

Para la edición y preparación del manuscrito e utilizo LaTeX que es un sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos escritos que presenten una alta calidad tipográfica. Por sus características y posibilidades, es usado de forma especialmente intensa en la generación de artículos y libros científicos que incluyen, entre otros elementos, expresiones matemáticas, tablas, capítulos, secciones, subsecciones y anexos.

El LaTeX está formado por un gran conjunto de macros de TeX, escrito por Leslie Lamport en 1984, con la intención de facilitar el uso, creado por Donald Knuth.

3 Resultados

3.1 Situación legal del buceo científico

Algunos países han ido desarrollando normativas o legislaciones que regulan la actividad subacuática científica, al igual que la impartición de los cursos que se han ido organizando a través de las universidades públicas o privadas, centros de buceo privados y organizaciones nacionales o internacionales de buceo. Pero todos estos reglamentos tiene un propósito común, el de establecer normas que contribuyan a una mayor seguridad y preservación de la vida de las personas que practican esta actividad como herramienta de trabajo.

El buceo científico viene dado por el aumento de las experiencias en I+D que los organismos públicos y privados venían realizando en el medio hiperbárico, donde se pusieron de manifiesto que las actividades relacionadas con el buceo científico no podían ser incluidas dentro de las características que servían para el buceo profesional, sino que se tenía que tener en cuenta la realidad existente, que los investigadores desarrollaban actividades científicas en medios acuáticos y que por lo tanto se necesitaba tener de forma imperiosa una legislación independiente de la legislación aplicada al buceo profesional o al recreativo-deportivo.

3.1.1 Situación legal del buceo científico en España

En España el buceo científico fue regulado después de un vacío legal durante años por la orden de 14 de octubre de 1997 por la que se aprueban las normas de seguridad para el ejercicio de las actividades subacuáticas del Ministerio de Fomento, en este decreto solo se menciona el buceo científico en el artículo 10 para exigir un título profesional para su práctica “Artículo 10 Buceo en apnea 1. La práctica del buceo en apnea con fines laborales, profesionales o científicos, requerirá que el buceador tenga alguna titulación de buceo profesional” [26].

Esta Orden es fuertemente contestada por las universidades y centros de investigación, ya que supeditaba la realización de investigación submarina a la obtención de una Formación Profesional (FP), por esto fue modificada por la orden de 20 de Julio del 2000 y publicada en el BOE N^o 188 de 7 de agosto de 2000 donde se regula, ”Al equipo científico participante en proyectos de investigación científica desarrollados por organismos públicos o privados de investigación, le serán aplicables las normas de seguridad del buceo deportivo — recreativo” [27].

Incluye en el decreto que corrige estas tres definiciones:

- Buceo científico: Toda aquella inmersión en el medio hiperbárico derivada de una actividad de investigación científica.
- Equipo científico: Grupo de personas que realizan inmersiones en medio hiperbárico, para la realización de un estudio o proyecto científico concreto debidamente autorizado.
- Personal auxiliar: Todo buceador que no forma parte del equipo científico, pero que es necesario para el desarrollo de la actividad.

Esta corrección del Decreto de 1997 fue implícitamente aceptada por los buceadores científicos y así se mantuvo hasta finales de 2016 que se publica la Resolución de 18 de octubre de 2016 de la Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el acta del acuerdo de modificación del convenio colectivo de buceo profesional y medios hiperbáricos, y el acuerdo sobre normas de seguridad en actividades subacuáticas.

En esta resolución se vuelve a introducir el buceo científico dentro del buceo profesional, “Prohibición del buceo autónomo para cualquier operación de buceo profesional o científico recogido en este convenio, salvo en los casos de docencia y solo con alumnos que aún no se hayan titulado” [25].

La respuesta del Ministerio de Fomento (MF) a una consulta del parque natural del Montgó de fecha 30 de enero de 2017 respecto de la aplicación de esta Resolución, dice que “el buceo científico hecho desde institutos de investigación y universidades sigue estando regulado por la Orden de 20 de Julio de 2000 (BOE de 7 de agosto) por la que se modifican las normas de seguridad para el ejercicio de actividades subacuáticas, aprobadas por Orden de 14 de octubre de 1997. Dicha orden sigue las normas de buceo deportivo para el buceo científico, no habiendo sido derogada por la nueva resolución de 2017 por lo que seguirá en vigor”.

Esto ha vuelto a reabrir el debate y actualmente esta planteado por el MF un proyecto de Real Decreto ”por el que se determinan las condiciones de seguridad de las actividades de buceo en aguas marítimas españolas” que ha abierto un periodo de consulta pública [41].

Este proyecto establece dentro de las modalidades de buceo en su artículo 3 apartado D “Buceo científico: es aquel que tiene como fin la realización de estudios o proyectos vinculados a una actividad de investigación científica”.

En su capítulo III sección 4 se dan las reglas de seguridad para el buceo científico.

Artículo 51. Reglas de seguridad aplicables al buceo científico.

A las actividades de buceo científico les serán aplicables las reglas de buceo recreativo, siempre que las inmersiones no superen los 40 metros de profundidad, no se realice paradas de descompresión programadas y que durante el desarrollo de las operaciones únicamente se utilicen herramientas manuales.

Para las operaciones de buceo que superen los límites establecidos anteriormente serán de aplicación las reglas de buceo profesional.

Al personal auxiliar no perteneciente al equipo científico y cuya intervención sea necesaria para el desarrollo de la operación de buceo le será aplicable, en todo caso, las reglas para el buceo profesional”.

Actualmente hay varios grupos que han presentado propuestas que, resumiendo, van en dos vías diferentes:

- No considerar el buceo científico como una modalidad del buceo, pudiendo bucear cada investigador de acuerdo con su nivel de titulación tanto recreativo-deportivo como profesional.
- Considerarlo una modalidad de buceo y regularlo más ampliamente con un buceo diferenciado de las otras modalidades particularmente de buceo deportivo-recreativo y del profesional. Para lo cual se deberían establecer normativas y curso propios.

3.1.2 Situación legal del buceo científico en Canarias

Canarias tiene actualmente las competencias para la regulación del buceo profesional en el ámbito de su territorio, mediante el Decreto 19/1999 de 29 de enero. La Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación publicó el Decreto 88/2008 de 29 de abril por el que se establecen las condiciones que habilitan para la práctica del buceo profesional en la Comunidad Autónoma de Canarias, y la autorización a los centros que deseen impartir cursos para la obtención de los títulos de buceador profesional (publicado en el BOC núm. 95 del 13 de mayo de 2008).

Este decreto estableció en el artículo 7.1.1 las competencias de buceador profesional básico y sus atribuciones, y define que “Se entiende por trabajos subacuáticos básicos aquellas tareas que requieran el uso de herramientas manuales y mecánicas simples, se pueden incluir también, tareas relacionadas con toma de muestras, recuentos y levantamiento de planos, así como el rescate y auxilio submarino.

Con lo cual obliga a que los buceadores científicos necesiten de un título profesional para realizar su actividad en Canarias, en este sentido la Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias se ha dirigido en junio de 2017 a la Viceconsejería de Sector Primario de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación, aclarando que “el hecho de ejercer la actividad científica o técnica es una actividad profesional, que puede implicar el uso de equipos de buceo, siendo éste un medio para su desarrollo, no una actividad profesional en sí misma”. Explica que existe una diferencia entre el buceo científico/técnico (desempeñado por científicos, licenciados y técnicos de las administraciones o consultorías ambientales) y el buceo científico profesional (desempeñado por profesionales que realizan tareas propias o acompañan a buceadores científicos en el marco de trabajos, estudios o proyectos).

Acompañan el escrito con la mención a legislaciones autonómicas donde se tienen las competencias de buceo (Andalucía, País Vasco y Valencia) donde para la realización de buceo científico es suficiente un título de buceador recreativo.

Concluyen solicitando “la modificación de la normativa, de forma que el buceo científico-técnico, el realizado dentro de la actividad científica de centros de investigación, el de consultoría de las empresas y el de los técnicos de la administración autonómica, pueda ser realizado con licencias de buceo recreativo”.

Dicha solicitud aún no ha sido respondida por la viceconsejería de Agricultura, Pesca y Alimentación [39].

3.2 Exigencia legales de monitorización de ecosistema

España posee 5.849 Km de costa, repartida entre el litoral peninsular, las Islas Canarias, Islas Baleares, Ceuta y Melilla. Las Islas Canarias posee 1.126 Km de costa, esto supone el 19,2% del total de las costas españolas, donde casi 300 Km de costa son hoy día reservas marinas, lo que equivale al 5,1% del total de las costas españolas y el 26,6% de las costas canarias [16] a lo largo de esta costa se realizan tanto trabajos técnicos como de investigación científica, programas de seguimiento de ecosistemas marinos, impactos ambientales, descripción de ecosistemas, identificación de especies. Hay que destacar las necesidades de monitorización ecológica submarina que se han convertido en obligatorias por la publicación y entrada en vigor de las Directivas Europeas [30].

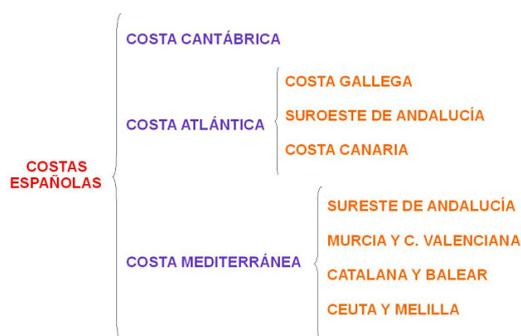


Figura 3.1: <https://www.educa2.madrid.org/web/adiaz2/las-costas-peninsulares-espanolas>

En el año 2000 se publica la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se crea un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Esta directiva de obligado cumplimiento para todos los estados de la CE está orientada a mantener y mejorar la calidad de las aguas no solo terrestres sino costeras, incluidas las cuencas hidrográficas [9].

Define como aguas costeras “Las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición” y como aguas de transición “Masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce”.

Se establecen una serie de parámetros de calidad que solo pueden ser evaluados con técnicas de buceo científico.

Indicadores de calidad ecológica de las aguas costeras:

- 1°.- Macroalgas y angiospermas controles cada 6 meses.
- 2°.- Fauna bentónica de invertebrados incluyendo macroinvertebrados con controles cada 3 años.
- 3°.- Peces con controles cada 3 años.

La CE en junio de 2008 publico la Directiva Marco sobre la estrategia marina conocida como PROMAR (Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008) por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino, la Ley 41/2010, de 29 de diciembre de protección del medio marino es el traslado a la legislación española de la directiva.

El objetivo principal es lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino, a más tardar en el año 2020. Para lo cual, se crean las estrategias marinas como herramienta de planificación del medio marino.

Las estrategias marinas consisten en una serie de tareas consecutivas:

- 1°.- La evaluación inicial del estado del medio marino.
- 2°.- La determinación del Buen Estado Ambiental (BEA).
- 3°.- El establecimiento de una serie de objetivos ambientales a fin de orientar el proceso hacia la consecución del BEA (realizadas en 2012 las tres fases).
- 4°.- El establecimiento de unos programas de seguimiento (2015) y la elaboración y aplicación de un programa de medidas para lograr el BEA (2016).

Este Real Decreto es una obligación derivada de lo dispuesto en el artículo 15 de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino, siendo esta derogada por decisión Unión Europea (UE) 2017/848 de la Comisión por la que se establecen los criterios y las normas metodologicas aplicables al BEA de las aguas marinas, asi como especificaciones y metodos normalizados de seguimiento y evaluacion [7].

Se establecen una serie de subprogramas de monitorización que deben ejecutar las Comunidades Autónomas con competencia y remitir los datos anualmente a la Secretaria de Estado de Medio Ambiente para su inserción en una base de datos permanente, que permita la evaluación continua de el estado ambiental de los ecosistemas costeros, señalamos a continuación solo los apartados que pueden necesitar para la toma de datos el buceo científico [24].

- 1.- Subprograma PC.1. Peces y cefalópodos infralitorales de fondos.
- 2.- Subprograma HB.1 Hábitats rocosos infralitorales.
- 3.- Subprograma HB.2 Hábitats sedimentarios infralitorales.
- 4.- Subprograma HB.3 Hábitats rocosos circalitorales y batiales.
- 5.- Subprograma HB.4 Hábitats sedimentarios circalitorales y batiales.

- 6.- Subprograma HB.5 Hábitats intermareales e infralitorales de angiospermas marinas.
- 7.- Subprograma HB.6 Especies bentónicas protegidas.
- 8.- Subprograma HB.7 Hábitats intermareales (rocoso y sedimentario).
- 9.- EAI.1 EMPs Subprogramas de seguimiento específicos para la detección y cuantificación de especies alóctonas en áreas marinas protegidas o sensibles.
- 10.- Subprograma EAI.2. Áreas de riesgo: Subprogramas de muestreo para la detección de especies alóctonas en áreas de alto riesgo de introducción (puertos, plantas de acuicultura).
- 11.- Subprograma EAI.3. Invasoras: Subprogramas específicos de seguimiento de alóctonas invasoras
- 12.- Subprograma EAI.4 “DATA MINING” de programas de biodiversidad y gestión de información.
- 13.- Subprograma EAI.5. Datos adicionales.

En todos estos subprogramas hay que reportar los datos anualmente, estos datos incluyen un conjunto muy amplio de parámetros que tienen variaciones para cada subprograma, pero podemos resumir en los siguientes puntos:

- 1.- Abundancia (biomasa).
- 2.- Abundancia (cobertura).
- 3.- Abundancia (densidad de especies).
- 4.- Abundancia (número de especies).
- 5.- Abundancia (número de individuos).
- 6.- Abundancia relativa.
- 7.- Composición específica.
- 8.- Coordenadas geográficas.
- 9.- Cuadrículas con presencia.
- 10.- Presencia (Indicador de presión de propágulos).

Todas estas actividades se desarrollan en las costas o próximas a ellas y sirven para obtener un mayor conocimiento del medio marino, así como su posible conservación o explotación de los recursos marinos, impidiendo en algunos casos la sobre-explotación del medio o el agotamiento de los recursos y optando por su conservación como un patrimonio natural.

3.3 Campañas de monitorización

En el apartado anterior hemos señalado exclusivamente las necesidades de monitorización del medio submarino de cara no solo a evaluar el estado ambiental de la zona submareal costera, sino para la correcta evaluación ambiental de impactos de obras y demás actividades humanas realizadas en estos espacios.

La metodología para la realización de estos trabajos ha de ser tan eficiente como sea posible, ya que el tiempo de inmersión es limitado, el medio de trabajo exige una gran infraestructura y por lo tanto el coste es de hasta diez veces superior que los trabajos de tipo similar realizados en tierra firme o en los laboratorios. Esto es debido a la necesidad de embarcaciones, el número de buceadores que es necesario para la realización del trabajo, material de buceo y material de investigación, y por supuesto todo el material necesario e imprescindible que garantice la seguridad de las personas que trabajan en el medio marino, ya sean estos patronos, marineros, científicos y buceadores científicos.

En las actividades de monitorización se utilizan muchas técnicas, según sea el trabajo a desarrollar, entre estas técnicas están el transepto censo visual, cuadrantal, instalación de campo de trabajo biológico o arqueológico, además todos los datos biológicos tienen que ir acompañados de los datos correspondientes al biotopo, lo que obliga a la instalación de equipo de medición (sonda multiparamétrica, correntómetro, fotómetro, recogida de biomasa in-situ, recogida de sedimento, y la toma de imágenes fotográficas o video, estos últimos dejen evidencia de los estudios realizados [35].

Las metodologías de trabajo bien desarrolladas son una garantía de efectividad de los recursos empleados. Los protocolos están basados en la seguridad, la responsabilidad de los participantes en las inmersiones, el conocimiento previo y detallado de los equipos a utilizar y los sistemas de emergencia; siguiendo sus indicaciones existirá una mayor garantía de que todo salga bien, con niveles altos de seguridad para las personas que constituyen el equipo de trabajo, aun así siempre existe un riesgo potencial de incidentes y accidentes de buceo [17].

Realizamos una síntesis de los diferentes manuales que han sido elaborados por expertos en la materia con muchos años de experiencia en investigaciones marinas, el manual NOAA insiste frecuentemente en la necesidad de adaptar los protocolos de inmersión al tipo de trabajo y las características físicas y ambientales del espacio a estudiar.

3.3.1 Coordinador científico

El director científico es el responsable del proyecto de investigación, se encarga de la formulación de hipótesis, del diseño experimental, y es el principal punto de contacto para todos los aspectos científicos del programa, incluyendo el mantenimiento, uso, calibración y equipamiento científico.

Es el responsable económico del proyecto o estudio a realizar.

Selecciona el lugar de la campaña de buceo y los puntos concretos de inmersión, número de buceadores y perfiles de formación de los mismos.

Trabajando con el jefe de seguridad (Divemaster), el director científico se encargará de la formación de los buceadores en tareas científicas específicas (reconocimiento de especies, evaluación de ecosistemas, etc...).

Supervisa y controla el número de muestras a recoger, sus métodos de conservación y la capacidad de la acumulación de muestras o datos tras una inmersión, analizará la inmersión a posteriori.

3.3.2 Jefe de seguridad

Como ya se ha señalado se trabaja en un medio difícil y complejo que exige evitar la imprudencia o el descuido. Muchas de estas imprudencias se cometen con la finalidad de abaratar o de finalizar el trabajo, a veces el propio buceador no se da cuenta de dicho error, de ahí la importancia de que las salidas al mar deban ser controladas por un jefe de seguridad.

Es el responsable de la conducta segura y eficiente de todas las operaciones de buceo y de los buceadores. Tiene que tener la certificación de buceo superior y haber completado el programa de formación. Cuando no hay Jefe de Seguridad no se realizará el buceo [25].

Se asegurará que todos los buceadores tengan las cualificaciones adecuadas para los requerimientos de la inmersión y asignará las tareas de trabajo a cada uno acorde con las mismas.

Debe asegurarse de que todos los buceadores están bien informados sobre la misión y objetivos de la operación. Cuando se requieran herramientas o técnicas especiales debe asegurarse que los buceadores conocen las mismas y sus aplicaciones.

Son responsabilidades del jefe de seguridad:

1. La responsabilidad global de la operación de buceo.
2. La ejecución segura de toda la inmersión.
3. La elaboración de un plan básico de operación, incluyendo la gestión de planes de evacuación en caso de accidente.
4. Será el enlace con otras organizaciones de buceo y autoridades.
5. La inspección de mantenimiento adecuado del equipo.
6. La reparación y estiba de equipo.
7. La selección, evaluación y briefing de los buceadores y demás personal de apoyo.
8. La monitorización del progreso de la operación y actualización de los requisitos necesarios.

9. El mantenimiento del registro de buceo.
10. La monitorización de descompresión (cuando sea necesario).
11. La coordinación de las operaciones del barco cuando los buceadores se encuentran en el agua.
12. La decisión de suspender las inmersiones, previa consulta con el coordinador del proyecto.

3.3.3 Buceadores

Aunque el jefe de seguridad es responsable del funcionamiento general de buceo, el buzo es responsable de:

1. Mantenerse en adecuado estado físico.
2. Comprobar el equipo personal y de trabajo antes de la inmersión.
3. Conocer el propósito y los procedimientos que se van a seguir en la inmersión.
4. Seguir durante la inmersión las indicaciones del jefe de seguridad.
5. Saber donde se encuentran los equipos de emergencia.
6. Conocer los planes de seguridad y evacuación.

También es responsable de negarse a bucear cuando a su entender seden las siguientes circunstancias:

1. Las condiciones físicas de la inmersión sean inseguras.
2. Considere que no se encuentra en buenas condiciones físicas o mentales.
3. Se vulneren en la inmersión las normas de seguridad.
4. Se le asignen tareas fuera de los límites de su formación.

3.3.4 Soporte a los buceadores y otro personal

En las operaciones de buceo el número y tipos de ayuda a los buceadores dependen del tamaño de la operación y el tipo de equipo de buceo usado, embarcación, punto de acceso al mar, recepción, transporte y conservación de las muestras recolectadas, almacenamiento de equipos, etc.

Idealmente, el personal de apoyo de superficie que trabaja directamente con los buceadores también deben ser buceadores cualificados, se les conoce como (TENDER). El uso de personal no cualificado que no entiende las técnicas ni la terminología puede causar confusión y puede ser peligroso.

Personal no cualificado podrá colaborar cuando sea necesario, pero sólo después de que hayan demostrado que entienden los procedimientos a juicio del jefe de seguridad.

Además en cada salida de buceo científico habrá que contar con:

- Equipo soporte y plataforma de buceo, incluyendo seguridad de buceadores/tripulación.
- Kit de oxígeno y kit de primeros auxilios.
- Pizarras, lápices y aladores.
- Bandera internacional de señales Alfa, indicando la presencia de buceadores en el agua.
- Reguladores, gafas, aletas y pilas repuesto, así como herramientas para pequeñas reparaciones.
- Agua potable y posibilidad de que los buceadores puedan entre inmersiones comer algo con glucosa (galletas, chocolates Refrescos o bebidas caliente como te o café).
- Sistema de comunicaciones de localización, aunque en la actualidad la telefonía móvil suministra un alto nivel de comunicación y de localización, es necesario contar con una radio VHF que permita, si fuera necesario enviar llamadas de socorro en el canal 16, este tipo de radio tiene que estar en la embarcación, pero es función del jefe de seguridad comprobar su buen funcionamiento. También es imprescindible contar con un aparato GPS, este ira conectado a la radio VHF y dispondrá de un sistema distress.

3.3.5 Suministro de aire

Este es un factor muy importante a tener en cuenta, particularmente cuando las campañas de monitorización se realizar fuera de la base normal de trabajo durando varios días, es necesario disponer de un suministro fiable de aire comprimido para recargar las botellas en buenas condiciones de uso. El jefe de seguridad es el responsable de este aspecto, pero puede delegar esta función en cualquier otro miembro de la campaña adecuadamente cualificado, para conocer los requisitos de suministro de aire hay que tener en cuenta:

- Equipos y botellas de buceo.
- Profundidad de las inmersiones.
- Tiempo de permanencia en el fondo.
- Número de inmersiones a realizar.
- Hoja de cálculo de consumo.

3.3.6 Plan de contingencia

Se trata de tener un protocolo de asistencia en caso de accidente e información de emergencia, esto hay que tenerlo preparado previamente y puede servir para toda la campaña de muestreo, salvo que se realicen inmersiones en sitios singulares que exijan un tratamiento individualizado, en resumen considerarán los siguientes ítems:

- Nombre del lugar y situación GPS de la campaña.
- Municipio más cercano (situación de GPS) latitud y longitud de ciudad.
- Teléfonos de emergencia: Salvamento marítimo, policía, hospital, ambulancia, Guardia Civil, radio VHF, Medico especialidad en medicina hiperbárica.
- Compañía de seguro de cada buceador y número de póliza.
- Procedimientos de contacto para el equipo de evacuación.
- Cámara de descompresión y hospital más cercano.
- Informa la Guardia Civil previamente a la campaña de la situación y nº de buceadores particularmente si el grupo de trabajo es grande.
- Ruta de evacuación de los diferentes puntos de inmersión.

3.3.7 Programación de tareas operativas en todas las fases

En una campaña donde se realizan una serie de días de inmersión en cada inmersión o al menos a principios del día hay que considerar un conjunto de actividades que van a favorecer la consecución de los objetivos.

3.3.8 Análisis de los datos necesarios del punto de inmersión

Condiciones en la superficie, estado de la mar, temperatura del aire y del agua, dirección del viento y velocidad. Toda esta información viene dada por diferentes servicios meteorológicos como la Agencia Española de Meteorología, la Agencia Europea de Predicción, Puertos del Estado o Windgurú.

Condiciones subacuáticas, incluyendo:

- La temperatura esperada del agua y su variación en profundidad.
- Profundidad de la inmersión y tipo de fondo, esta información aparece en las cartas náuticas.
- Mareas y corrientes, esta se podrá obtener en el calendario de mareas y las corrientes locales por conocimiento previo o información personalizada.
- Visibilidad, de acuerdo con la situación del oleaje o la época del año.
- Grado de contaminación, si se trata de una zona de vertidos o salida de emisarios.
- Riesgos potenciales, particularmente con pecios (Barcos hundidos), redes a la deriva, artes de pesca abandonadas, jaulas de acuicultura abandonadas, vía de navegación, vela ligera o de altura, motos de agua, etc.

3.3.9 Preparación final y Chequeo de seguridad

1. Revisión del plan de inmersión, sus efectos y las medidas de seguridad.
2. Resumen de las actividades de buceo y su secuencia.
3. Checklist de las características del sitio y medidas de seguridad.
4. Revisión de la cualificación de los buceadores y condiciones ambientales.
5. Permisos del barco y capacidad de buceo.
6. Traslado hasta el lugar de buceo.
7. Montaje y funcionamiento de los equipos.
8. Briefing previo.
 - Los objetivos y supervisión de la operación de buceo.
 - Condiciones en el área de operaciones.
 - Técnicas de buceo y equipo usado.
 - Funciones específicas de cada buceador.
 - Previsión de peligros.
 - Medidas normales de seguridad.
 - Consideraciones especiales.

3.4 Técnicas de muestreo submarino para la monitorización biológica de los ecosistemas sumergidos

Las exigencias de monitorización de los ecosistemas sumergidos planteadas por las directiva europeas y expuestas en un apartado anterior las podemos resumir en la necesidad de medir:

Datos de biocenosis:

- Abundancia (en términos de biomasa, cobertura, densidad de especies, número de especies y número de individuos).
- Abundancia relativa.
- Composición específica.
- Cuadrículas con presencia.
- Presencia (Indicador de presión de propágulos).
- Censos visuales de peces.
- Posibles indicadores de contaminación.

Datos del biotopo:

- Coordenadas geográficas.
- Tipología de fondos.
- Sedimentos.

Todas estas medidas las podemos refundir en términos de densidad ecológica.

- La densidad absoluta es simplemente el número de organismos (o de un solo organismo) que ocupan una unidad de área o volumen.
- La densidad relativa es la densidad de una población en relación a la de otra o varias población sin estimar cuántos individuos hay de cada especie.
- La densidad relativa es más fácil y mas barato de determinar que la densidad absoluta. Sin embargo es necesario para la mayoría de las investigaciones ecológicas incluir la densidad absoluta.
- Cantidad de parcelas de muestreo suficientes para tener datos reproducibles. En general cuantas más repeticiones más precisa es la estimación de la composición de la comunidad. Esta es una cuestión importante, ya que en última instancia obliga al investigador a tomar una decisión de costo/beneficio. El "beneficio" de aumentar el número de las muestras, es decir, aumentar el número de repeticiones, transeptos, etc., buscando un aumento en la precisión de las estimaciones de composición y abundancia y densidad de especies.
- También es absolutamente necesario el poder determinar en cada caso la unidad de superficie mínima de muestreo. Un método simple pero fiable de determinar cuando una comunidad ha sido analizada adecuadamente, es el trazado de una curva de acumulación de especies.
- Es imprescindible trabajar con un diseño estadístico previo que nos facilite el análisis de los resultados.
- La comparación estadística de dos o más tratamientos se ve reforzada por un tamaño de muestra igual. Los procedimientos de observación serán tan idénticos como sea posible para que se reduzca el número de variables incontroladas.
- Debe utilizarse el mismo método de muestreo y los muestreos se deben realizar a la misma velocidad de natación intentando tardar el mismo tiempo.
- Los muestreos deben ser hechos por las mismas personas.
- Se debe estar a la misma profundidad en las diferentes localizaciones.
- Los muestreos de deben realizar a la misma hora del día y en condiciones similares de clima y marea.
- Los muestreos en cada ubicación se deben realizar en el período más corto posible y deben ser muestreadas las localizaciones.

3.4.1 Transepto

El transepto lineal es una forma de acotar una superficie de trabajo, puesto que a la medida lineal le incorporamos distancias a derecha e izquierda que nos dará una superficie, que como decíamos antes debe ser la misma en todas las localizaciones para facilitar la comparación estadística. Se de una longitud esta variará de acuerdo con la profundidad siendo menor cuanto mas profundo sea el muestreo para permitir que los buceadores puedan realizar sus mediciones sin agotar el aire [10].

Puede ser paralelo o transversal a la costa, todo dependerá del estudio que deseemos realizar. Esta técnica de trabajo es un método muy económico, con ella podemos obtener la abundancia relativa de diferentes especies, diversidad y la tipificación de sustrato tanto duro como de arena que existe en el medio. Se tiene el error de pensar que el transepto solo sirve para obtener datos en el plano horizontal de la superficie y no en el relieve.

Muchos son los trabajos que se suelen realizar con esta técnica, como: censos visuales, cartografía y inclinación de la pendiente entre otras. Esta es una de las técnicas no destructivas por lo que es una de las mas usadas.

El transepto requiere simplemente de una cinta métrica, como ya se ha indicado anteriormente, debe tener una longitud de 20 a 50 metros, y los componentes de dicha cinta, al igual que la propia cinta, deben de ser de un material plástico, lo cual evitará su corrosión cuando trabajemos con ella en el mar. Del mismo modo, será fácil de extender en el fondo y de recoger una vez acabada la inmersión. También se suele utilizar un palo de 2 metros de longitud que es desplazado por encima del transepto dejando a cada lado 1 metro de distancia con respecto al transepto, esta técnica se utiliza para contar organismos (algas, macroinvertebrados, etc..)[20].

Una vez extendido por completo, obtendremos lo que se conoce como Profundidad Inclinación Orientación (PIO). La profundidad se irá obteniendo cada x metros y dependerá del trabajo y de lo que queramos obtener. Por lo general se toma al principio, cada 10 metros y al final del transepto; pero si lo usamos para determinar cambios de cobertura vegetal será interesante tomar los datos anteriores, justo donde se produce dicho cambio. La inclinación se puede obtener de dos formas distintas: la primera será (in situ), en el lugar, se coloca en una tabla una regla semi-circular y justo en el mismo centro de dicho semi-circulo se incorpora un cabo fino con un plomo a modo de péndulo, una vez depositado éste sobre el fondo nos dará el grado de inclinación que tiene la pendiente, la segunda, se realiza en el laboratorio, para ello representaremos en una gráfica con una escala que elijamos, profundidad frente a distancia, como hemos ido obteniendo por todo el transepto la profundidad, sólo tendremos que representarla en la gráfica y con la ayuda de una regla semicircular sabremos exactamente la inclinación que tiene nuestro fondo. También con la ayuda de un compás podremos saber la distancia real estudiada. Esto se realiza colocando dicho compás en el eje de la profundidad, exactamente en la profundidad menor, lo extenderemos en nuestra escala cada 10 metros y cortaremos sobre la recta de nuestra gráfica representada, así obtenemos la distancia en longitud real recorrida [36].

Otro dato que podremos aportar a nuestro trabajo es la rugosidad del fondo marino, esto por lo general se realiza mediante una cadena, la cual extenderemos en el fondo marino. Los valores pueden ir desde 0 a 5, siendo 0 un fondo liso (rugosidad inexistente) y 5, un fondo abrupto (rugosidad máxima).

En la cartografía bionómica se deben de tomar los siguientes datos: profundidad, inclinación, orientación y rugosidad. También colocaremos la escala con la que hemos representado la gráfica, dibujando en ella la cartografía y el tipo de alga que hemos encontrado a lo largo del transepto, indicando donde se han producido los cambios de tipo de cobertura, así podremos representar con casi total exactitud la cobertura vegetal del fondo marino. Para obtener la cartografía geológica se hará exactamente lo mismo, sólo que en vez de incluir la cobertura vegetal del fondo marino, añadiremos el tipo de sustrato marino: roca grande, roca pequeña, arena, colada de lava, paleo-acantilado, roca sedimentaria, barra sedimentaria o cascajo (canto rodado) etc.

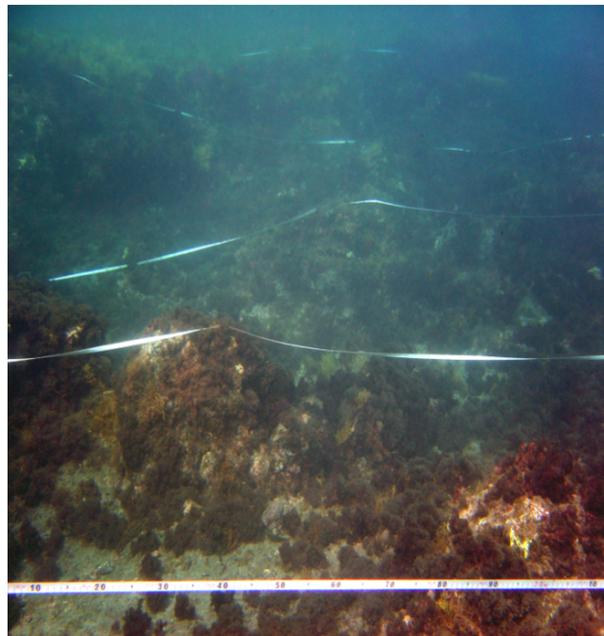


Figura 3.2: Buceador Científico: Transepto.

3.4.2 Censos visuales

Esta técnica de muestreo es una de las más usadas, pues al igual que los transeptos es una técnica no destructiva ni invasora, existen varios métodos de trabajo:

La primera se conoce como el método del transepto de banda, consiste en ir por encima de un transepto apuntando los peces que se va observando, esto por supuesto lo tienen que hacer siempre dos buceadores como mínimo para poder después comparar los datos.

Para ello, se tomarán como datos importantes el número de individuos y el tamaño del pez, el censo de peces se realizará sobre los bentónicos y demersales, nunca sobre los pelágicos, ya que esto nos alteraría el muestreo, es lo que se denomina “meter ruido” y consiste en alterar los datos en nuestra hoja de

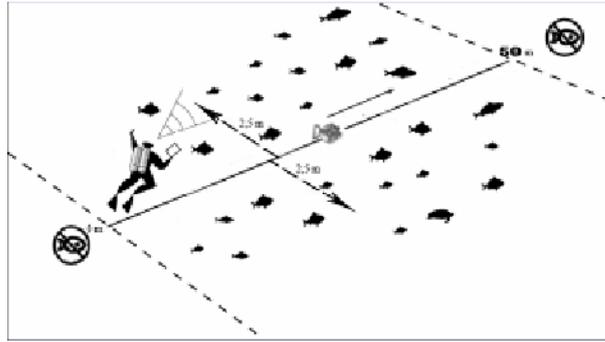


Figura 3.3: Buceador Científico: use Belt Transect Method (English et al., 1997).

calculo, algo debido a que los pelágicos se desplazan por la columna de agua, de un lugar a otro, no permaneciendo mucho tiempo en un mismo sitio. Solo se han descrito casos contrarios en las zonas de buceo donde se da de comer a los peces por los propios buceadores [38].

La segunda como censo estacionario, los buceadores se colocan espalda con espalda en un punto fijo durante un tiempo determinado, esto lo pueden hacer a lo largo del transecto, aleatoriamente o habiéndolo determinado de antemano [18].

Aunque esta técnica presentan ciertas desventajas, como: La profundidad, temperatura, la transparencia del agua, las corrientes y el tiempo limitado en el fondo, todo esto pueden afectar a las operaciones de buceo [11].

Los errores en los censo visuales son:

La tendencia al no muestreo de especies pequeñas crípticas o de hábitos nocturnos, error en el recuento, identificación y registro, atracción y aversión de algunas especies a los buceadores, diferencias en la territorialidad y rango de hábitat.

Estos errores son inherentes a la técnica y como se cometen en todas las situaciones las comparaciones entre diferentes espacios se consideran válidas.



Figura 3.4: Buceador Científico: Censo Visual

3.4.3 Cuadrantal

Este término se emplea para referirse a la unidad de muestreo cuadrado, dentro del cual se mide la cantidad de organismos, estas medidas se dan en % de cobertura de las especies, si bien es importante indicar que solo sirve para determinar las especies bentónicas que están fijas al sustrato, con este sistema obtenemos densidad, abundancia, diversidad y tamaño del sustrato o colonia en el caso de los corales o esponjas.

Aunque se suele utilizar como referencia el metro cuadrado, en las técnicas de buceo científico se trabaja con un cuadrantal más operativo, este suele ser de 50 por 50, que a su vez se encuentra dividido en 25 cuadrados de 10x10 cm, lo que supone que cada cuadrado ocupa un 4% de la superficie del cuadrantal. Contando el número de cuadrados que ocupa una determinada especie se tendrá su porcentaje de cobertura. Si lo que se hace es un recuento de individuos de una determinada especie se tendrá su densidad y si se cuentan los individuos de todas las especies presentes se obtienen los valores de densidad relativa, se pueden calcular los índices de biodiversidad elevando los datos obtenidos al metro cuadrado [22].

El sistema de trabajo es tirar aleatoriamente el cuadrantal sobre el fondo a una distancia medida a ambos lados del transecto, los buceadores que realicen este trabajo, deben de estar alejado uno de otros (ya que lo ideal sería que fueran tres buceadores por cuadrantal), esto evita que los buceadores que realizan el trabajo estén influenciados entre si, y así poder garantizar que la información obtenida sea lo más veraz posible [14].

La densidad es el total de las diferentes especies que están presentes en el área dada, esta se da en metros cuadrada, el índice de Shannon-Waver combina el número de especie y la abundancia relativa, dando la densidad existente.



Figura 3.5: Buceador Científico: Cuadrantal

3.4.4 Campo de trabajo

Estos campos de trabajo están ligados tanto a la arqueología submarina como a la biología o arqueología biológica, la arqueología submarina es sin duda la

disciplina mas joven dentro del mundo de la arqueología, esta va ligada al nacimiento y posterior desarrollo del buceo autónomo, las tareas de investigaciones submarinas siguen el mismo rigor científico que cualquiera de las investigaciones científicas que se desarrollan en laboratorios [40].

Consiste en la delimitación de una superficie, normalmente un cuadrado, subdividido a su vez en varios cuadrados sobre los que trabajar, es una forma de mantener una unidad de superficie fija que permita la comparación estadística entre espacios. También el campo de trabajo si se deja instalado sobre el fondo permitirá el estudio de variaciones temporales, este sistema de trabajo se le conoce en arqueología como excavación arqueológica.



Figura 3.6: Buceador Científico: Campo de trabajo

La utilización y montaje de un campo de trabajo es un método bastante utilizado en la arqueología submarina pero también es usado por la biología marina. Su montaje no es costoso y se suele utilizar cuando tenemos que trabajar en una zona concreta durante varias jornadas consecutivas.

Este procedimiento nos delimita una zona concreta sobre la que trabajar, lo cual viene bien si estamos hablando de grandes profundidades, ya que no nos tenemos que desplazar grandes distancias recogiendo muestra al tenerlas concentradas en una zona limitada.

Con la ayuda de la brújula o una escuadra y una cinta métrica colocaremos las diferentes estacas, nos ayudaremos con un martillo y un metro para saber la distancia entre estacas, colocaremos el carrete con mucho cuidado de no levantar el fondo, dentro del campo de trabajo en el montaje lo haremos con cuidado, y entrando solamente un buceador a fijar las estacas centrales [4].

3.4.5 Recogida de biomasa

La biomasa se puede medir por unidad de volumen o área, por cada nivel trófico o en un ecosistema. Podemos hacer una estimación aproximada de la biomasa de algas (húmeda) expresada en g/m² si colecta todas las algas dentro de un cuadrante de 0.25 m². Para la determinación de la biomasa se necesita llevar al laboratorio las algas y secar en una estufa a 60^o entre 24 y 48 horas aproximadamente [3].

Para la recogida de biomasa, por ejemplo: algas, utilizaremos técnicas de muestreo destructivas, ya que estas normalmente deben ser transportadas al laboratorio para su identificación, al igual que se hace con la mayoría de invertebrados.

Las técnicas empleadas para este son principalmente dos:

- La recogida con martillo, escoplo y bolsas que sean herméticas.
- Utilización de una aspiradora (chupona) con malla recolectora.

Para la recogida de muestras de biomasa con escoplo y martillo, se selecciona el área de trabajo, retirar con la mano las macro algas y se introducen en una bolsa, debemos vaciar el aire del chaleco, mientras un buceador da uno golpe en la roca con el martillo y el escoplo el otro va introduciendo en la bolsa los restos que se desprenden, una vez acabado el trabajo se cierra la bolsa herméticamente, las bolsas deben de ir previamente numeradas y referenciadas.

Toma de muestras con aspiradora o chupona, se coloca bien la malla en la parte superior quedando bien sujeta, se vacía el chaleco para afirmarnos bien al fondo, se marca el área de trabajo para saber la superficie total a aspirar, abrir muy despacio la botella de buceo, asegurarse que hemos recogido toda la biomasa justo antes de cerrar la botella, invertir el tubo de la chupona, sacar la malla del tubo y precintarla bien, colocar la malla en la bolsa que tendremos numerada.

Importante si la chupona o aspiradora es muy grande y pesada, quitarse las aletas, lastrarse bien al fondo, separa las piernas para no ser absorbida por la aspiradora, también se recomienda usar capucha cuando se trabaja con aspiradoras muy grandes o en medios sedimentarios.



Figura 3.7: Buceador Científico: Sin aletas y capucha.

Esta técnica exige que la superficie aspirada sea siempre la misma y que el tiempo de aspiración sea el mismo para tener resultados estadísticamente comparativos. También esta técnica permite la recogida de organismos que están situados sobre la algas o las praderas de fanerógamas marinas.

3.4.6 Recogida de sedimentos

Los datos sobre las tasas de sedimentación son especialmente importantes en ambiente fluvial, la población que constituye la carga de fondo (bedload) están formada por los clastos de mayor tamaño, generalmente superior a 0,060 mm), estos son transportados por tracción, mientras que los de menos tamaño son transportados por suspensión y se asientan.

La capacidad de un caudal de agua para el transporte de sedimento a lo largo del tiempo viene determinada por dos factores principales: magnitud y frecuencia [32].

Ejemplo de cómo recoger muestras de sedimento:

- Toma de sedimento con jeringa de 60 Cm, cortaremos la base, colocar la jeringa lo más vertical posible sobre el sedimento, a medida que enterramos la jeringa extraemos el embolo, esta operación hay que hacerla muy despacio, una vez este el embolo arriba del todo, inclinaremos un poco la jeringa, sacaremos con mucho cuidado y colocaremos la tapa, presionaremos el embolo con la tapa puesta.
- Recogida de sedimento con tubo de Policloruro de Vinilo (PVC), colocar el tubo lo más vertical posible sobre el sedimento, enterrar el tubo en el sedimento con la ayuda de un martillo pequeño, dejaremos que el tubo sobresalga unos 5 cm con respecto al fondo, colocaremos la tapa superior con ayuda del martillo, una vez realizada esta operación inclinaremos el tubo despacio y colocaremos la 2ª tapa.
- Es importante que en la extracción de sedimento con el tubo se marque la tapa 1 y la tapa 2 para saber bien la dirección de entrada del tubo de PVC, ya que este sistema de extracción se suele usar para saber la granulometría del fondo por capas, al igual que ocurre con la extracción de sedimento con la jeringa.
- Si nos da igual la granulometría por capas, se podrá recoger el sedimento con una pala y una bolsa o un envase plástico.

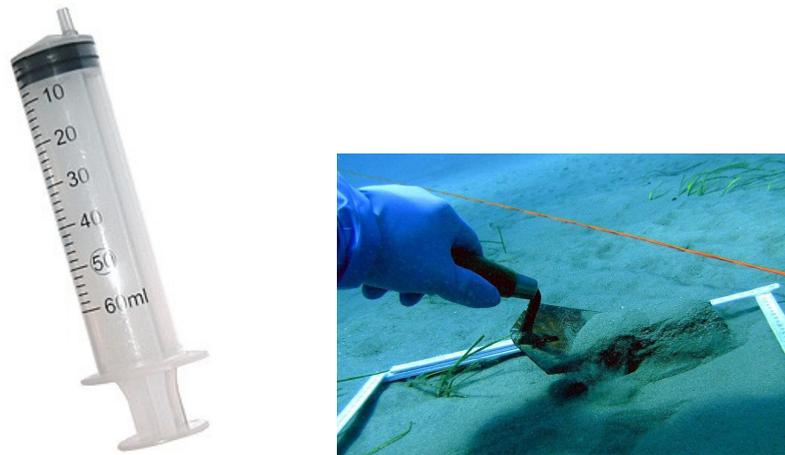


Figura 3.8: Buceador Científico: Campo de trabajo.

3.4.7 Fotografía

La fotografía es una herramienta muy importante dentro del buceo científico, nos permite tener testimonio del trabajo realizado, también nos sirve para identificar las especies, determinar la biomasa que existe. El empleo de esta técnica se ha popularizado en los últimos años, tanto la fotografía como el vídeo submarino, son métodos utilizados en campañas científicas de bentos profundos [13].

Podemos estimar la abundancia de algas con una cámara de foto, una lente de 28-mm y un armazón para retratar de cerca. Proyecte las diapositivas obtenidas a color y de 35 mm, en una hoja de papel 8 x 11 con puntos localizados al azar, el número de puntos correspondientes a cada componente de algas, por ejemplo: alga cespitosa, calcárea, incrustante, microalga y macroalga, estas se sumasen y expresasen como un % de la cobertura total de algas.



Figura 3.9: Buceador Científico: Cuadrícula fotográfica, Cámara estereoscópica <https://www.pinterest.es>

Como la fotografía tiene una visión dimensional, éstas no pueden ser usadas para estimar el relieve espacial. Pero las cámaras estereoscópica o cámara (3D) si arroja información sobre el relieve, este sistema es más complejo y requiere de sofisticados sistemas de análisis.

Estas cámara intentan imitar el comportamiento del ojo humano, utilizando dos objetivos a la vez, o usando dos cámaras separadas estratégicamente.

Para poder realizar fotografías aceptables y sin mucho movimiento, se suele utilizar una estructura rígida y pesada que se apoya en la superficie que deseamos fotografiar, suele tener varios flash en la parte superior con sistema de disparo automático, o sincronizado entre los distintos flash, disparando uno se disparan los demás sin necesidad de dispararlos nosotros.

Pero también tiene sus limitaciones cuando diseñamos programas de monitoreo y seleccionamos un lugar de muestreo, como por ejemplo: Cuando las condiciones del mar no lo permiten por turbidez, fuerte corriente que nos impida realizar una buen foto, fotografía tomada a larga distancia, Resolución del agua que no sean suficiente clara para poder identificar el organismo.

3.4.8 Video

La videograbación tiene ciertas ventajas sobre la fotografía en los monitoreos ecológicos. Aunque la filmación por video es ideal, si deseamos fotografiar rápidamente un área de gran extensión, tendremos problemas a la hora del análisis comparativo y cuantitativo.

El video nos puede proveer de información cualitativa acerca de las condiciones del ecosistema, estas pueden ser importadas a un programa de análisis gráfico, aunque estas son herramientas muy caras, pueden acelerar la toma de datos.

El video nos provee de una visión del ecosistema, este al contrario que la fotografía sirve para poder realizar censos visuales, si realizamos un correcto uso de la video cámara.

Otra de las funciones del video es que sirve de testigo para aquellas personas que no se pueden sumergir, dejando claro testimonio del trabajo realizado y poder enseñar luego todo lo visto bajo en mar.

Hoy día tanto las cámaras fotográficas como las de video son instaladas en Remote Operated Vehicle (ROV) y Drones submarinos estos últimos recorren los océanos capturando imágenes y almacenándolas en su base de datos. Estas imágenes una vez recuperado el dron serán analizadas por el equipo científico.



Figura 3.10: Buceador Científico: Video submarino y ROV .

3.5 Formación de los buceadores científicos

Entre las organizaciones internacionales más destacadas dentro del mundo del buceo científico, nos encontramos con: AAUS, NOAA, CMAS, UNESCO, CAUS, cada una de estas organizaciones ha tendido como objetivo en sus protocolos, velar por la seguridad de los buceadores científicos y el buceo científico como herramienta de trabajo en las investigaciones marinas y dulce acuícolas, impartiendo cursos de buceo científico arqueología y biología [29].

Estas organizaciones internacionales editan manuales sobre el buceo científico e imparten cursos para la formación en el buceo científico, los cursos van dirigidos a la comunidad científica en general, no pudiendo ser partícipe de estos cursos las persona que no tenga formación universitaria o una relación laboral con grupos de investigación públicos o privados [19].

Los cursos capacitan al buceador científico en las técnicas de muestreo y los conocimientos necesarios para el desarrollo del trabajo, investigación, seguridad en el buceo, organización de los equipos de trabajo, desarrollo de las vías de evacuación ante una posible emergencia, formación y conservación del medio en el que se mueve. Para ello ha creando un código ético, este código ético sirve para la conservación del medio marino y evitar la expoliación o la sobre-explotación de los recursos marinos [21].

Existen otras organizaciones de buceo como: Organización Internacional CMAS (PROTEC), International Association of Nitrox and Technical Divers (IANTD), Professional Association of Diving Instructors (PADI), America Certification

Underwater Candian (ACUC), National Association of Underwater Instructors (NAUI), International Diving Educators Association (IDEA), Scuba Schools International (SSI), etc., con ánimo lucrativo, pero con el mismo interés común, la seguridad de las personas que se dedican al buceo, ya sean estas profesionales, científicas o deportivas-recreativas, su intención siempre es dar a conocer el medio en el que se mueven y la protección del ecosistema marino.

En los últimos años las universidades han implantado dentro de sus planes docentes estos cursos, estos son demandados principalmente por la necesidad de preparar a los futuros profesionales en las investigaciones subacuáticas. En el informe realizado por la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), sobre las carreras en Ciencias del Mar recomiendan realizar un mayor número de prácticas y de salidas al mar, como base fundamental de la formación de los futuros "Graduados en Ciencias del Mar" [2].

Esta demanda también ha servido para que el personal de las distintas universidades adquieran una formación acorde a las necesidades del trabajo, obteniendo así una mayor especialización y cualificación profesional.

Algunas de las universidades españolas han incluido en sus programas de enseñanza el buceo científico, aportando un mayor conocimiento del medio marino. Este modulo de enseñanza se incorpora así a la vida de los futuros profesionales, siendo los encargados de los proyectos de investigación en el medio marino. Los cursos se imparten hoy día en las carreras de Ciencias del Mar, Arqueología, Biología, etc.. (Anexo A Tabla A1).

La preparación y formación cada vez más especializada en las técnicas de trabajo subacuática intenta evitar los accidentes submarinos, por desgracias muchos de estos accidentes siguen ocurriendo en el mundo deportivo-recreativo y profesional [23].

3.5.1 Contenido de los cursos de buceo científico

Los contenidos en los cursos de buceo científico pueden ser variados, estos dependerán siempre de las organizaciones, centros, institutos o universidades que lo imparta, de forma genérica estos cursos suelen tener como materia principales: Biología, física, fisiopatología, ecología, arqueología, tablas de descompresión, técnicas de muestreo, organización en el buceo y como materias secundarias: Instrumentación, materiales de trabajo, seguridad en el buceo, legislación, organización en el trabajo, estadística, primeros auxilios, rescate, oxigenación, conocimientos náuticos, meteorología, etc.

Los alumnos matriculados en este tipo de curso provienen del mundo universitario con diferentes carreras, lo que facilita la labor de las enseñanzas técnicas, dentro de los estándares de CMAS se requiere para poder realizar cursos de buceadores científico avanzado que la persona tenga una formación universitaria, ya que estos cursos van orientado a la formación complementaria universitaria [8].

En general estos estándares en cuanto a seguridad son:

- Procedimientos de seguridad.

- La responsabilidad de las inmersiones del equipo.
- Empleo y procedimiento del equipo.
- Conocimiento de la física y la fisiología del buceo.
- Procedimientos de emergencia

Los cursos son necesarios para la seguridad del buceador, adquiriendo conocimientos sobre los peligros en el buceo y sobre lo que no debemos hacer, si respetamos las normas de seguridad y la prudencia en el buceo, no debería de pasar nada, los buenos buceadores no son aquellos que consumen menos y necesitan menos plomos para sumergirse, si no aquellos que en todo momento saben en el medio en que se mueven, cumplen con las normas de seguridad y siguen la legislación vigente.

Además de la seguridad los cursos tienen como segunda parte un contenido temático de acuerdo con su objetivo de formación científica y/o técnica:

- Manejo de organismos (Acuicultura)
- Arqueología
- Biotas común
- Identificación de organismo
- Comportamiento
- Ecología

Conocimientos sobre ambientes concretos de condiciones especiales como: Buceo de aguas oceánicas, hielo y buceo polar, cero visibilidad, buceo en agua contaminado, acuarios, nocturno, kelp, cuevas, etc.

Los cursos que se imparten para este fin agilizan el aprendizaje, siendo muy necesario aparte de recomendable realizar dichos cursos, los cursos van dirigidos a todas las personas que inician su camino en el mundo de las investigaciones subacuáticas.

Para que un estudiante pueda realizar estos cursos debe tener una formación previa de buceo y de comportamiento en el medio marino, en general se pide tener una certificación de haber realizado un curso de buceo de primer nivel, la legislación española exige certificado médico en vigor y un seguro de buceo y responsabilidad civil.

3.5.1.1 Biología

Botánica:

Niveles de organización de los vegetales marinos, ecología y distribución, diversidad morfológica, reproducción, ciclo biológico, sistemática.

Zoología marina:

Niveles de organización, metazoos, pseudocelomados, artrópodos, quetognatos, moluscos, peces, etc.

3.5.1.2 Ecología

Naturaleza de la ecología, factores ambientales, ecología de poblaciones, ecología funcional, introducción a la teoría de comunidades y sistemas, dinámica de las poblaciones bentónicas y sistemas litorales generales, uso y explotación.

3.5.1.3 Física

Ley de Dalton, Henry, Amagar, Haldane, Boyle- Mariotte, Charles-Gay Lussac, principio de Arquímedes, fluido, peso, densidad, temperatura, ley de Fick, humedad, luz y sonido.

Presión: Presión atmosférica, presión hidrostática, presión absoluta, presión parcial.

Gases: Aire, oxígeno, nitrógeno, helio, CO₂, argón, CO, etc.

3.5.1.4 Fisiopatología

El cuerpo humano: Sistema músculo esquelético, sistema respiratorio, sistema cardiovascular, sistema pulmonar, sistema nervioso.

Barotrauma: Oído, senos, dentales.

Intoxicaciones: Nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros gases.

Aplastamientos, enfermedad de descompresión (Los Bends), embolia por aire, sobre-expansión pulmonar, narcosis.

3.5.1.5 Tablas de descompresión

Conocimiento general de las tablas de descompresión, cálculo de inmersión, cálculo de consumo, tablas de saturación en tiempo y profundidad, tablas en altitud, tablas Nitrox, cálculos de consumo Nitrox, inmersiones simples, inmersiones continuadas, inmersiones sucesivas, ordenadores de buceo (modelos y marcas), regla del 90.

The image shows a detailed CMAS decompression table. The top part is a grid with depth (meters) on the vertical axis and time (minutes) on the horizontal axis. The grid is color-coded (yellow, red, blue) to indicate different decompression stages. Below the grid, there are sections for 'Selección de Ascenso' (Ascent selection) and 'Regla del 90' (90 rule), which includes instructions for safe ascent rates and safety stops.

Figura 3.11: [http://www.fotoseimagenes.net/tablas-de-descompresion CMAS.](http://www.fotoseimagenes.net/tablas-de-descompresion-CMAS)

3.5.1.6 Arqueología

Historia de la arqueología, principios fundamentales, catalogación, sistemas de procesado, muestreo y recogida, legislación [33].

3.5.1.7 Organización en el buceo

Organización de los equipos de buceo, director del proyecto, jefe de seguridad, planificación de las inmersiones, el transporte, meteorología, titulaciones y seguros.

Información de la zona de trabajo, preparación del material de trabajo, información sobre las condiciones meteorológicas, trabajo a desarrollar, interpretación de mapas topográficos y cartas de navegación.

3.5.1.8 Instrumentación y material de trabajo

Sonda, Global Positioning System (GPS), radiómetro, sonda multiparamétrica, botella niskin, correntómetro, globo hidrostático, martillo y escoplo, chupona, taladro hidráulico subacuático, martillo hidráulico subacuático, detector de metales, torpedos submarinos, etc.

3.5.1.9 Seguridad en el buceo.

Organización de la agenda de contacto, salvamento marítimo, guardia civil del mar y Grupo Especial de Actividades Subacuáticas (GEAS), Cruz Roja (CR), Cámara hiperbárica, etc.

Boyas de seguridad, cordel guía, distancias de seguridad, equipo de señales sonoras y acústicas, banderas, botella de seguridad, cabo de corriente, equipo a bordo de seguridad, kit de oxigenación, botiquín de primeros auxilios, teléfono, emisora marítima, aro salvavidas.

3.5.1.10 Legislación

Normas de seguridad en el buceo, decreto buceo científico, código de conducta del buceador científico, derecho internacional marítimo, derecho internacional del mar, legislación sobre el patrimonio sumergido nacional y internacional, legislación sobre especies protegidas y de especial sensibilidad, reservas marinas, II Convenio Colectivo del Buceador.

3.5.1.11 Primeros auxilios y rescate

Rescate en superficie, rescate en el fondo, remolque de un buceador, izado del buceador, sistemas de búsqueda y recuperación, orientación, manejo de brújula, masaje cardiaco, fracturas, hemorragias, vendajes, quemaduras, contusiones en general, tratamientos a seguir y curas, identificación de muerte temprana o tardía.



Figura 3.12: [http://formacion.cruzvermella.org/Auxilios en el Buceo](http://formacion.cruzvermella.org/Auxilios%20en%20el%20Buceo).

3.5.1.12 Oxigenación

La asfixia, equipo de oxigenación y sus partes, frecuencias de respiración, identificación de la asfixia, ahogado azul y el ahogado blanco, como colocar una cánula de guedel o tubo de mayo, tipos de mascarillas, ambur y bolsas reservorio.



Figura 3.13: <http://clubpastinaca.blogspot.com.es> kit de Oxigenación.

3.5.2 Titulación buceador científico

Los títulos y carnet de buceador científico otorgados por las diferentes organización de buceo no suelen tener validez para trabajar como buceador profesional o científico en España, pero si para demostrar su cualificación científica, otros países si reconocen las titulaciones de buceador científico, pudiendo ser contratado profesionalmente y desarrollar su actividad sin ningún tipo de problema, optando a un contrato laboral como buceador científico [26].

No obstante, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) publica en el 2017 una plaza de técnicas de buceo científico y de laboratorio, para la valoración ecológica de praderas de angiospermas marinas, IEO Murcia.

En Estados Unidos, el buceador científico tiene que registrarse en la AAUS, de esta forma obtendría un permiso, quedando registrado en la base de datos de la organización como buceador científico.

CMAS es una de las organizaciones con más reconocimiento internacional, esto se debe a que forman parte de ella más de 144 federaciones, y por el reconocimiento que esta hace en el mundo del buceo en general y en particular en el buceo científico, esto le ha llevado a obtener el reconocimiento de la UNESCO, juntos han elaborados el código de conducta ética y moral del buceador científico, así como el reconocimiento de los títulos y programas del buceador científico.

Como hemos comentado, forman parte de CMAS CIENTIFICA 144 federaciones de diferentes países, constituido solamente por científicos e investigadores, estas federaciones cada 4 años eligen a su presidente y la junta directiva. Celebran congresos con regularidad, en los congresos se exponen los trabajos y técnicas utilizadas en el buceo científico, también constituyen comisiones de trabajo que sirven para mejorar el buceo científico y los estándares de calidad.

La UNESCO a través de CMAS, ha reconocido las diferentes titulaciones que esta organización otorga a los alumnos que cumplen con los estándares de enseñanza, con estos títulos se puede trabajar a nivel profesional científico en diferentes países de la Unión Europea.

Dentro de las certificaciones CMAS existen cuatro títulos, según la formación de buceo que posea el alumno podrá acceder a algunos de los siguientes títulos:

- buceador científico.
- buceador científico avanzado.
- instructor de buceo científico.
- Entrenador de instructores buceo científico, este último es la titulación más alta a la que puede aspirar un buceador científico, ya que es el responsable de formar a los futuros instructores en buceo científico.

En la actualidad CMAS CIENTIFICA tiene reconocido 5 centros oficiales, estos centros imparten cursos todos los años con regularidad. Los centros pueden ser completamente autónomos o estar dentro de centros de investigación o universidades.

- CMAS Scientific Diving Center UNIVALI is located at the Laboratorio de Mergulho Submarino en la Universidade do Vale do Itajaí UNIVALI in Itajaí SC, Brazil.
- CMAS Freiberg es parte de la Technische Universität Bergakademie Freiberg (TUBAF). Esta soportado por el Geoscience Department in the Faculty of Geoscience, Geoengineering and Mining Institute of Geology, Prof. Merkel. Freiberg. Alemania Da servicios a todos los estudiantes de la Universidad (TUBAF) y a estudiantes externos. Website: <http://tu-freiberg.de/sdc>

- CMAS Scientific Diving Center CSC (GER/S01) WiTUS is associated with the diving club TC Uni Stuttgart Manatees (www.tc-manatees.de) of the VDST. Faculty of Energy-, Process- and Bio-Engineering (www.vdst.de).
- CMAS Scientific Diving Center (ESPS00) Las Palmas de Gran Canaria, Spain. Dentro de Departamento de Biología. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas, España.
- CMAS Scientific Diving Center at the University of Alexandria, Egypt.



Figura 3.14: Certificaciones CMAS.

Como hemos comentado anteriormente existen muchas organizaciones tanto internacionales como nacionales que imparten cursos de formación, pero no son los únicos que hoy día desarrollan este tipo de cursos en sus aulas, esta práctica sean extendido tanto en universidades nacionales como en universidades internacionales Anexo tabla A.1 y tabla A.2, estas imparten cursos de buceo científico dentro de sus programas de enseñanza bien como asignatura de la carrera o como complemento a la carrera.

4 Discusión

Las investigaciones científicas marinas, fueron ya consideradas como una rama del derecho del mar durante el primer periodo de sesiones de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar celebrada en Caracas del 20 de julio al 29 de agosto de 1972 donde quedo recogida la necesidad de profundizar mas en este tema, incluso algunos autores han llegado a considerar que la investigación científica marina es un aspecto técnico y relativamente marginal en apariencia, se ha convertido en uno de los problemas más delicados en la formación de la nueva ley del mar[15].

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 establece el marco jurídico, la parte tercera de dicha convención está enteramente dedicada al tema de la investigación científica marina [1].

La legislación sobre el buceo científico en España viene reconocida por las diferentes leyes existentes, tanto a nivel nacional como autonómico y se ha debatido entre la conveniencia o no de aplicar al buceo científico las normas del buceo profesional o las de buceo recreativo. Estas han sufrido diversas modificaciones desde que se publicaron las normas de seguridad para el buceo en Noviembre de 1997, realizándose una posterior modificación en el apartado sobre buceo científico en el año 2000 y actualmente la legislación estatal exige la formación de buceo deportivo a los investigadores científicos.

El Gobierno de Canaria tras recibir las competencias sobre buceo profesional y el deportivo-recreativo desarrolla su propio decreto, anulando el decreto del MF del año 2000 sobre buceo científico, con este nuevo decreto a nivel autonómico decide que dicha actividad científica subacuática será desarrollada por buceadores profesionales, esto dio lugar a un nuevo debate sobre el tema de la capacitación y reconocimiento sobre quien puedo o no desarrollar la actividad científica subacuática. No obstante está normativa no se ha aplicado y la propia Viceconsejería de Medio Ambiente ha solicitado su corrección.

Actualmente se ha presentado un escrito firmado por buceadores científicos, doctores, profesores, estudiantes, técnicos y personal de apoyo, donde se pide que se modifique y apruebe la nueva reglamentación presentada sobre el buceo científico en España, es importante destacar que muchos de los que hoy día se dedican al buceo científico son buceadores profesionales, estos reconocen que dicha actividad puede ser ejercida por buceadores que tengan una acreditación deportivos-recreativos siempre y cuando sean científicos y se muevan dentro del mundo del buceo científico, y no utilicen el buceo científico como una actividad profesional lucrativa, ya que esta herramienta debe de dar soporte a la actividad investigadora, y que dichos científicos son contratados por sus conocimientos

sobre el medio en el que desarrollan su trabajo, ósea, como expertos y no como buceadores científicos [41].

La necesidad de buceadores científicos formados ha incrementado notablemente desde que el parlamento europeo establece la necesidad dentro del marco comunitario de actuación sobre el ámbito de la política de aguas, dicha directiva en el apartado 3 dice: "Las aguas deben alcanzar un buen estado ecológico y químico, para proteger la salud humana, el suministro, los ecosistemas naturales y la biodiversidad", con esta directiva se pretende mantener la mejor calidad de las aguas tanto a nivel costero como terrestre incluyendo las aguas hidrográficas [9].

Se define al estado ecológico como: La abundancia de flora tanto acuática como piscícola, nutrientes, salinidad, temperatura y la presencia de contaminantes químicos; en cuanto a las características morfológicas se debe tener en cuenta la cantidad de agua, el caudal, profundidad y la estructura de los lechos fluviales. Esta situación exige unos amplios programas de monitorización submarina que obligan a la formación de personal preparado para su realización y esto entra dentro de los objetivos del buceo científico.

Para lograr estos objetivos la UE en el transcurso de la conferencia celebrada en Malta el 5 y 6 de Octubre del 2017 se comprometió a realizar acciones concretas para lograr unos mares más sanos, limpios y seguros. Una de las medidas a seguir es que las aguas de los Estados Miembros alcancen un buen nivel medioambiental para el 2020, y para ello va a invertir 2 millones de €, otros 2,85 millones de € para proyectos de prevención y preparación en el ámbito de la contaminación marina, así como 2,5 millones de € para el desarrollo y cooperación transfronteriza entre los países de la UE y países vecinos [5].

España con sus 5.849 km de costa y como miembro de la Unión Europea no puede desatender dicha directiva. El decreto establece una serie de parámetros de calidad que solo pueden ser evaluados con técnicas de buceo científico [6].

Para la realización de las campañas de monitorización se requiere de equipos o grupos especializados en las técnicas de seguimiento, vigilancia y control en actividades científicas subacuáticas, dicho equipo estará formado por un Coordinador científico: Será el responsable de la campaña científica, Jefe de seguridad: Dentro de sus funciones esta la vigilancia y control del equipo humano que realice las inmersiones, buceadores: Personal cualificado contratado para el desempeño de las funciones a desarrollar en dicho trabajo, soporte: Material necesario para el desarrollo de dicho trabajo y dar seguridad al personal que lo realiza [31].

Las actividades científicas desarrolladas en el mar por equipos de investigación científica deben de estar previamente dirigidas y bien definidas, por lo que los programas de las tareas por realizar son muy importante y estas tareas deben ser acordadas previamente antes del embarque, aunque durante la campaña se pueda cambiar el sistema de muestreo o acordar otras tareas debido a las condiciones del mar.

Siempre que sea posible realizaremos una primera valoración en alta mar, analizando los datos obtenidos, esta primera valoración nos servirá para determinar

si el trabajo se esta llevando correctamente, una vez en tierra estamos obligado a comprobar que todos los datos son correctos.

Para poder desarrollar los trabajos científicos subacuáticos se requiere de un buen control, manejo y conocimientos en las técnicas de muestreo subacuáticas, estas técnicas son utilizadas en multitudes de trabajos científicos ya sean estos técnicos, trabajos fin de grado, trabajos fin de master, tesis doctorales o publicaciones científicas.

Dentro de éstas técnicas de muestreos estandarizadas por las diferentes organizaciones de buceos tanto internacionales como nacionales nos encontramos con los transeptos, cuadrantales, censos visuales, así como la utilización de medios de filmación como la fotografía y el video.



Figura 4.1: <http://buceocientifico.com>

Las diferentes organizaciones internacionales o nacionales de buceo, así como las universidades, institutos de investigación marina y organismo públicos dedicados a las investigaciones ya sean estas acuáticas o subacuáticas, desarrollan manuales y guías sobre las diferentes técnicas a utilizar en el buceo científico.

Estos manuales o guías son utilizados como herramienta pedagógica en las diferentes enseñanzas profesionales que se imparten sobre buceo científico, de hay la estandarización en las técnicas de muestreo científico.

Una parte muy importante del desarrollo tanto de los manuales, guías o cursos de buceo científico es la seguridad de las personas que desarrollan su actividad en dicho medio, todas las organizaciones que se dedican a esto han elaborado estándares de seguridad y el comportamiento ético del buceador científico.

5 Conclusiones

- 1.- Muchos de los trabajos que se realizan en la gestión costera, ya sean estos de seguimiento, vigilancia o investigación son desarrollados con las técnicas de buceo científico.
- 2.- Para poder realizar estos trabajos con garantías se requiere de personal cualificado en las diferentes técnicas de muestreos.
- 3.- La formación de los buceadores científicos es importante y así queda constatada por las diferentes organización internacionales y nacionales.
- 4.- Los requisitos de estas organizaciones garantizan las buenas prácticas y comportamiento de los buceadores, incluyendo la seguridad de los buceadores científicos que realizan dichas actividades.
- 5.- Las diferentes legislaciones dan cobertura legal al desarrollo de esta actividad, dejando claro en todo momento que no es una actividad profesional, si no una herramienta más que es utilizada por los profesionales que se dedican a la investigación marina y submarina desarrollando su actividad en el mar.
- 6.- Los países miembros de la CE están obligado a cumplir sus directivas, dentro de las diferentes directivas se encuentra la del control de sus aguas costeras, así como mantener un buen estado ambiental del medio marino.
- 7.- El buceo científico es mencionado como material y método en muchas de las publicaciones científicas, el uso de las diferentes técnicas descritas en los diferentes manuales son reconocidos en las publicaciones de carácter internacional.

6 Bibliografía

- [1] NACIONES UNIDAS (2011), *El Derecho del Mar, Investigaciones Científicas Marina*. ISBN: 978-92-1-222442-3, URL: <https://www.cbd.int>.
- [2] ANECA, (2004), *Estudios de Grado Ciencias del Mar*. consultado 6 de Febrero del 2018. URL: <http://www.aneca.es/var/media/150300/libroblanco-ccmar-def.pdf>.
- [3] BEATRIZ MARTINEZ DORAMA, (AGOSTO-DICIEMBRE 20014), *Estimación de la Biomasa Thalassia testudinum a partir de datos de Biomasa Húmeda*. Revista de Investigaciones Marinas, 34(2): 13-17.
- [4] CARLOS LEÓN AMORES, (2003), *Metodología de la Arqueología Subacuática*. consultado 20 de Febrero de 2018. URL: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/759265.pdf>.
- [5] COMISIÓN EUROPEA - HOJA INFORMATIVA, (5 OCTUBRE 2017), *La UE lidera el camino con medidas ambiciosas para lograr unos mares más limpios y seguros*. consultado 5 de Mayo 2018.
- [6] CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LANZAROTE, (2006), *Revisión del Plan Hidrológico de Lanzarote, Programa de Seguimiento de Las Aguas Costeras Directiva Marco de Aguas*. URL: <http://www.aguaslanzarote.com>.
- [7] DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA, (18 MAYO 2017), *Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión por la que se establecen los criterios y las normas metodologicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y metodos normalizados de seguimiento y evaluacion, y por la que se deroga la Decision 2010/477/UE*. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.
- [8] DR. ALAIN NORRO (2000), *CMAS Standar for Scientific Diver*. Scientific Committee of CMAS, Versión 2.1.
- [9] EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (22/12/2000), *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. URL: <https://eur-lex.europa.eu>.
- [10] ENGLISH ET AL., (1997), “Visual Census use Belt Transect Method”.

- [11] F. ANDALORO, L. CASTRIOTA, M. FERRARO, T. ROMEO, G. SARA, P. CONSOLI (2011), *Evaluating Fish Assemblages Associated with Gas Platforms: Evidence from a Visual Census Technique and Experimental Fishing Surveys*. consultado 2 de Febrero del 2018, Ciencias Marinas, 37(1) 1-9. URL: <http://www.scielo.org>.
- [12] FERNANDO TUYA, ET AL, (ENERO - JUNIO 2017), *Variaciones Estacionales de la Macrofauna de Tres Praderas Marinas de Cymodosea Nodosa en Gran Canaria*. Ciencias Marina, 37(1): 223-234.
- [13] F.J. CRISTOBO, ET AL. (JUNIO 1993), *Métodos de Recogida, Estudio y Conservación de las Colecciones de Poríferos*. Int.Symp. First World Congress on Preserv. and Conserv. of Nat. Hist. Col. 2: 277 - 287. URL: <https://www.researchgate.net>.
- [14] GM AMADO-FILHO, ET AL, (FEBRERO, 2007), *Structure of Rhodolith Beds from 4 to 55 meters deep along the Southern Coast of Espirito Santo State, Brazil*. Ciencias Marina 33(4): 399-410.
- [15] GRULLERO HIERREZUELO CONDE (2015), "La Postura Española en al Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar con Respecto al Mar Territorial". ISBN-13: 978-84-16036-87-5 N^o Registro: 2015000526. URL: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2015/1432/index.htm>.
- [16] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, (1985), *Longitud en Kilómetros de la Costa Española, por Provincia*. URL: <http://www.ine.es/inebaseweb/pdfDispatcher.do?td=38228>.
- [17] IVÁN CIUDAD VALLS (2017) , *Estudio de la Siniestralidad Laboral Mortal entre los Buceadores Profesionales Españoles (1989-2017)*. URL: <https://www.researchgate.net/publication/281120525>.
- [18] JAMES A. BOHNSACK, SCOTT P. BANNEROT, (1986), *A Stationary Visual Census Technique for Quantitatively Assessing Community Assessing of Coral Reef Fishes*. consultado 6 de Febrero del 2018. URL: <https://spo.nmfs.noaa.gov/tr41opt.pdf>.
- [19] J.D.WOODS AND J.N. LYTHGOE, (1971), *Underwater Science. An Introduction to Experiments by Divers*. consultado 8 de Febrero de 2018. URL: <http://science.sciencemag.org>.
- [20] JOHN N. HEINE, (2001), *Scientific Diving Techniques. A Practical guide for the Research Diver*. Oceanography 14(1) 225. URL: http://tos.org/oceanography/assets/docs/14-1_aldredge.pdf.
- [21] JUAN CARLOS BARRÍA RICKE (2001), *El Buceo Científico: Aporte a la Conservación de Ecosistemas y Recursos Costeros*. consultado 2 de Febrero del 2018. URL: <https://www.explora.cl/lagos/noticias-los-lagos>.

- [22] LEONOR ORTEGA¹, FERNANDO TUYA, Y RICARDO J. HAROUN, (AGOSTO, 2009), *The sea urchin *Diadema antillarum* Phillipi, 1845 influences the Diversity and Composition of the Mobile Mega-invertebrate Community on Rocky Bottoms off the Canary Archipelago* . Revista de biología marina y oceanografía 44(2): 489-495,.
- [23] MARLIN SAYER, (SEPTIEMBRE 2005), *The International Safety Record for Scientific Diving*. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) Journal, 35(3): 117 - 119. URL: <http://science.sciencemag.org>.
- [24] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, (17 JUNIO 2008), *Propuesta de Flujo de Datos (FD) con Autoridades Competentes de la AGE y CC.AA respecto a los Programas de Seguimiento de las Estrategias marinas (EE.MM)*. URL: <http://www.mapama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/>.
- [25] MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL, (13 FEBRERO 2012), *II Convenio Colectivo de Buceadores Profesionales y Medios Hiperbáricos*. URL: <http://www.mispecies.com>.
- [26] MINISTERIO DE FOMENTO, BOE, nº 188, (22 NOVIEMBRE 1997), *Normas de Seguridad para el Ejercicio de Actividades Subacuática*. URL: <https://www.boe.es>.
- [27] MINISTERIO DE FOMENTO, BOE, nº 188, (7 AGOSTO 2000), *Orden de 20 de Julio 2000 por la que se modifican las normas de seguridad para el ejercicio de actividades subacuáticas, aprobadas por orden de 14 de octubre 1997*. URL:<https://www.boe.es>.
- [28] N.C. FLEMMING, (1988), *Code of practice for scientific diving: Principles for the safe practice of scientific diving in different environments*. Scientific committee of the confederation mondiale des activites subaquatiques (cmas) ed., Flagstaff, Arizona: Unesco Technical Papers in Marine Science, ISBN 0503-42991.
- [29] NOAA DIVING MANUAL, (2017), *Diving for Science and Technology* . consultado 5 de Febrero 2018 URL: <http://www.noaa.gov>.
- [30] OBSERVATORIO AMBIENTAL DE GRANADILLA (2010), *Plan de Monitorización de Calidad de Aguas Portuarias en la Provincia de Santa Cruz de Tenerife*. URL: <https://www.oag-fundación.org>.
- [31] OTERO, M., CEBRIAN, E., FRANCOUR, P., GALIL, B., SAVINI, D. (2013), *Monitorización de Especies Marinas Invasoras en Áreas Marinas Protegidas (AMP) del Mediterraneo*. Centro de Cooperación del Mediterraneo de UICN, ISBN: 978-2-8317-1619-0. URL: <http://www.medpan.org>.
- [32] RAMÓN J. BATALLA, MARIA SALA (1994), *Magnitud y Frecuencia del Transporte Fluvial de Sedimento en una Cuenca Mediterranea Semihúmeda*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas 27(2): 143-144.

- [33] SCIENTIFIC DIVING SUPERVISORY COMMITTEE, (SEPTIEMBRE 1999), *Competencies For Specific Task Areas Under The Scientific And Archaeological Diving ACoP*. 3rd revision.
- [34] SERENA WRIGHT ET AL, (22 JULIO 2016), *Scuba Divers as Oceanographic Samplers: The Potential of Dive Computers to Augment Aquatic Temperature Monitoring*. Scientific Reports, 6:30164, DOI: 10.1038, srep, 30164, URL: <https://www.nature.com>.
- [35] SERVICIO DE PARQUES NACIONALES, (1994), “Manual para el Monitoreo de Arrecifes de Coral en el Caribe y el Atlántico Occidental”. URL: <http://www.irf.org>.
- [36] SILVIA PATRICIA GONZÁLEZ-DÍAZ ET AL, (2001), *Corals Communities on Dives sites from Punta Frances National Marine Park, Isla de la Juventud*. Ciencias Marina, 27(2): 19-39.
- [37] UNESCO (2001), *Code of Ethics for Divers*. ,consultado 29 Abril, 2016. URL: www.unesco.org/culture/en/underwater.
- [38] VERNON E. BROCK, (1954), *A Preliminary Report on a Method of Estimating Reef Fish Populations*. The Journal of Wildlife Management, 18(3): 297-303.
- [39] VICECONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, (6 JUNIO 2017), *Sobre la Necesidad de Modificar de la Normativa para el Ejercicio de Buceo Científico-Técnico*. Entrada - N. General: 0 / 2017 - N. Registro: AGPA / 45437 / 2017 Registro Interno - N. Registro: PTSS / 9111 / 2017 - Fecha: 06/06/2017 07:47:08.
- [40] VICTOR M. GUERRERO, (1998-1994), *El Patrimonio Arqueológico Submarino Mallorquín: Antecedentes y Perspectivas Futuras*. Mayurqa 20: 77-92.
- [41] ÁNGEL BORJA PHD AND DSC (HC) (1 FEBRERO 2018), *Proyecto de Real Decreto por el que se Determinan las Condiciones de Seguridad de las Actividades de Buceo en Aguas Marítimas Españolas*. Investigación Marina. Marine Research. Itsas Ikerketa, Gestión Ambiental de Mares y Costas. Marine and Coastal Environmental Management. Itsasoetako eta Kostaldeetako Ingurumen-kudeaketa T. +34 667 174 430 — Mail: aborja@azti.es. European Environment Agency (EEA) Scientific Committee Member.

Anexos

A Primer anexo

Tabla A.1: Universidades y Escuelas Superiores

Tabla Estamentos Nacionales			
ORGANIZACIONES	BUCEO CIENTIFICO	BIOLOGIA	ARQUEOLOGIA
U. ALICANTE	X		
U. CADIZ	X		X
U. GRANADA	X		
U.I.B	X		
U. LAS PALMAS	X	X	
U. MURCIA	X		
U.P.C	X		
U. VALENCIA			X
U. ZARAGOZA	X		X
C.B.A	X		
E.S.CDA	X		
E.T.E. VIGO	X		

Tabla A.2: Países

Tabla Universidades o Escuelas Superiores Internacionales		
ORGANIZACIONES	PAIS	BUCEO CIENTIFICO
U.QUEENSLAND	AUSTRALIA	X
ADAS	AUSTRALIA	X
JETTYDIVE	AUSTRALIA	X
ABYSS	AUSTRALIA	X
U. SYDNEY	AUSTRALIA	X
U. TASMANIA	AUSTRALIA	X
OW-USS	AUSTRALIA	X
UNIVALI	BRAZIL	X
BMSC	CANADA	X
UACH	CHILE	X
UCSC	CHILE	X
CMAS	CUBA	X
SDU	DINAMARCA	X
UEES	ECUADOR	X
NORDIC MARITIME GROUP	FINLANDIA	X
SDC	GERMANY	X
TUBAF	GERMANY	X
U. DE PISSA	ITALIA	X
OW-USS	IRLANDA	X
U.GUADALAJARA	MEXICO	X
UNAM	MEXICO	X
I. SMITHSONIAN	PANAMA	X
FPAS-CMAS	PORTUGAL	X
URU	URUGUAY	X
U. WALLA WALLA	USA	X
ESF	USA	X
DIVE CENTRE MANLY	USA	X
U. ALASKA	USA	X
SCM. INSTITUTE	USA	X
UTD	USA	X
AACC	USA	X
ATM	USA	X
U. FLORIDA	USA	X
OW-USS	USA	X
UCSC	USA	X
U. OREGON STATE	USA	X
UCLA	USA	X
SDM	USA	X
U. MONASH	USA	X

