

manual del alumno



CMAS 3 Star Diver

Manual realizado
por la

**Federación
Española de
Actividades
Subacuáticas
(FEDAS).**

Sistema de
enseñanza
homologado por la
**Confederación
Mundial de
Actividades
Subacuáticas
(CMAS).**





2^a edición, 2019

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprogramación y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© 2012 FEDAS, Federación Española de Actividades Subacuáticas

Aragó, 517, 5º1^a - 08013 BARCELONA

Impreso en España - Printed in Spain

Imprime: Sea Grafic, S.L.

Depósito legal: B-7613-2012

ISBN-10: 84-615-7667-5

ISBN-13: 978-84-615-7667-8

Documentación y textos: Rafael Graullera Sanz, Antonio Badia Iniesta, Vicente Damián de las Heras, Javier Vázquez Miguel, Alfonso Pardo Juez, Carmen Sánchez Berzal, José María Gómez Olleta.

Portada: Quique Sánchez

Maquetación: Antonio Arias

Diseño Maqueta: Quique Sánchez, Antonio Arias

Gráficos: Quique Sánchez

Fotografías: Juan Antonio Martín Barco, y José María Gómez Olleta.

Otros colaboradores: Jordi Salas Alberola y José María Garrido Pérez

Coordinación: ENBAD. (Escuela Nacional de Buceo Deportivo)

2^a edición revisada por: Ángel Rojo García

Ángel Caballero Inglés

Iván Granado Cubero

**Manual Buceador 3 estrellas FEDAS
CMAS 3 Star diver**

Índice

INTRODUCCIÓN

El Buceador Tres Estrellas, un título de la Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS).....	13
Y también un título de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS).....	14
CÓMO QUEREMOS QUE SEA UN BUCEADOR TRES ESTRELLAS.....	14
El perfil B3E.....	14
El B3E como ayudante de un curso de buceo	17
La formación del B3E, características de este curso.....	18
CUESTIONES	20

CAPÍTULO 1

INMERSIONES PROFUNDAS

Introducción	22
INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN	23
Y, además, están las microburbujas.....	25
Dejémonos un par de minutos para el ascenso	26
La enfermedad descompresiva (ED).....	26
Factores que favorecen la aparición de la ED.....	27
CÁLCULO DEL PLAN DE ASCENSO MEDIANTE TABLAS	29
Utilización de la Tabla II para establecer el plan de ascenso en una inmersión simple (han pasado 12 horas desde la inmersión anterior).....	30

Utilización de la Tabla II para establecer el plan de ascenso en una inmersión sucesiva	31
Inmersiones continuadas después de una inmersión con descompresión	32
Protocolos de emergencia	33
Recomendaciones y normas especiales de seguridad	34
Inmersiones en altitud	36
Consecuencias de tener una presión atmosférica menor para el buceo en altitud	36
¿Cómo encontrar la profundidad teórica en el mar?	37
La velocidad de ascenso.....	37
Las paradas de descompresión	38
CÁLCULOS CON TABLAS APLICANDO LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y LOS PROTOCOLOS DE EMERGENCIA	50
Problemas resueltos (TR)	50
Problemas sin resolver (T).....	52
CÁLCULOS CON LAS TABLAS DEL PLAN DE ASCENSO EN ALTITUD	53
Problemas resueltos (AR)	53
Problemas sin resolver (A)	55
CÁLCULO DE CONSUMOS	56
Problemas resueltos (CR)	56
Problemas sin resolver (C)	56
REPASO DE PROBLEMAS VARIADOS	57
Problemas resueltos (VR)	57
Problemas sin resolver (V)	59

CAPÍTULO 2

INMERSIONES PROFUNDAS: LAS MEZCLAS RESPIRATORIAS

INTRODUCCIÓN	62
TOXICIDAD DEL OXÍGENO.....	64
NARCOSIS DE LOS GASES INERTES.....	66
¿Cuál es el auténtico peligro para el buceador?.....	68
Factores que influyen en la narcosis.....	69
Hipótesis sobre sus causas.....	70
¿Cómo podríamos retrasarla o disminuir la intensidad de sus síntomas?.....	70
TOXICIDAD DEL CO ₂	71
La intoxicación por inhalación	72
Los peligros durante la inmersión	72

TOXICIDAD DEL CO	73
MEZCLAS RESPIRABLES EN EL BUCEO DEPORTIVO	75
¿Qué es el Nítrox?	75
¿Qué es el Trímix?	77
¿Qué es el Héliox?	79
Ventajas e inconvenientes de estas mezclas	79
CUESTIONES	81

CAPÍTULO 3

LOS MATERIALES MÁS SEGUROS

EL REGULADOR	86
Diferencia entre caudal y esfuerzo	86
El procedimiento de las etapas	88
El mecanismo de la primera etapa.....	88
El mecanismo de la segunda etapa.....	91
OTROS TIPOS DE PRIMERA ETAPA	93
Modelo de pistón no compensado	94
Las limitaciones de los sistemas no compensados	95
Primeras etapas compensadas	97
Primera etapa de membrana compensada	98
Primera etapa de pistón compensado	98
Hay que decidirse: ¿pistón o membrana?	99
SEGUNDAS ETAPAS	100
Válvulas UP Stream, Down Stream y servomecanismos	101
Esfuerzo respiratorio y caudal.....	103
Segundas etapas Down Stream. Efecto Venturi.....	104
Segundas etapas Down Stream. Mecanismos de regulación del esfuerzo	106
Segundas etapas Down Stream compensadas.....	107
PARA QUE SIEMPRE FUNCIONE EL REGULADOR	108
Antes de la inmersión.....	108
Durante la inmersión.....	109
Después de la inmersión	109
Mantenimiento	110
LOS REGULADORES EN CONDICIONES ESPECIALES	111
Comportamiento de los reguladores en aguas frías.....	111
El regulador para otras mezclas diferentes.....	112
CONFIGURACIÓN	114
Configuración del equipo.....	114
El chaleco de alas.....	115
Configuración del regulador.....	116
La configuración de dos reguladores	118
Y el resto del equipo	120
CUESTIONES	122

CAPÍTULO 4

INMERSIONES CON UN MAYOR GRADO DE DIFICULTAD

EL BUCEO EN AMBIENTES ESPECIALES Y EN AMBIENTES DE BUCEO TÉCNICO	128
BUCEO NOCTURNO	130
¿Cuántas linternas, dónde y cómo las llevamos?	130
La iluminación para que nos vean.....	131
Luces de referencia	131
La comunicación con el compañero	132
Dónde y cuándo bucear de noche	134
INMERSIONES CON MALA VISIBILIDAD	136
BUCEO EN PECIOS Y RESTOS SUMERGIDOS	137
BUCEO EN GRUTAS.....	138
BUCEO BAJO HIELO Y EN AGUAS FRÍAS.....	141
¿Y si no hay hielo pero el agua está muy fría?	142
COMUNICACIÓN CUANDO NO NOS VEMOS	143
BUCEO EN ZONAS DE CORRIENTES.....	144
CONOCER LA CORRIENTE	144
Corriente o marea	144
Otros tipos de corriente.....	146
METIDOS EN LA CORRIENTE.....	148
En el fondo	148
En el ascenso.....	149
En superficie.....	149
CUESTIONES	150

CAPÍTULO 5

CONSERVACIÓN DE LA VIDA SUBACUÁTICA

PLANETA OCÉANO

EL AGUA COMO MEDIO	156
Salinidad	156
Temperatura	157
Iluminación	157
Presión	158
Densidad.....	158
Hidrodinamismo	160
Gases disueltos.....	160
AMBIENTES MARINOS	161
LA DIVERSIDAD DE LOS SERES VIVOS.....	162
LAS ALGAS	164

Generalidades	164
Filum Chlorophyta (Clorofitas de algas verdes).....	165
Filum Phaeophyta (Feofitas o algas pardas)	166
Filum Rhodophyta (Rodofitas o algas rojas)	166
LAS FANERÓGAMAS MARINAS	167
Generalidades	167
ALGUNAS CUESTIONES SOBRE LOS ANIMALES MARINOS...170	
ESPONJAS - ASCIDIAS: El principio y el fin	171
ANÉMONAS - MEDUSAS: La misma organización del	
cuerpo con dos funciones diferentes	172
CTENÓFOROS: ¿Medusas con peines?	173
EQUIUROIDEOS: Bonelia viridis. Solo se le ve la trompa	174
POLIQUETOS: Preciosos plumeros	174
PULPOS, SEPIAS Y CALAMARES: con los pies en la cabeza..175	
CARACOL-MEJILLÓN: ¿Una concha o dos?	177
PLANARIAS - NUDIBRANQUIOS: Los pequeños príncipes ...178	
ERIZOS, ESTRELLAS Y HOLOTURIAS: ¿En qué se parecen?...179	
CRUSTÁCEOS: Atrapados por el éxito	180
LOS FORONÍDEOS: Parecen espirógrafos.....	182
BRIOZOOS (Animales musgo): Los falsos corales	182
LOS PECES: primeros vertebrados y señores del mar	182
LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO SUBACUÁTICO	
LOS PELIGROS QUE CORRE	185
Contaminación.....	185
La pesca	186
Las actividades subacuáticas	187
POR UN BUCEO SOSTENIBLE	188
La limpieza de los fondos.....	189
CUESTIONES	192

ANEXO

GOBIERNO DE EMBARCACIONES

NOMENCLATURA NÁUTICA	199
Dimensiones	199
Partes de la embarcación	199
Estructura, accesorios y elementos auxiliares	200
Elementos de amarre y fondeo	201
SEGURIDAD	202
Precauciones para no perder la flotabilidad	202
Material de seguridad para la zona 5	203
Emergencias	204
NAVEGACIÓN	206

Concepto de los peligros para la navegación	206
Navegación en aguas poco profundas	206
Planificación de una salida.....	208
CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LOS ABORDAJES	209
Regla 3: Definiciones	209
Regla 5: Vigilancia	210
Regla 6: Velocidad de seguridad	210
Regla 7: Riesgo de abordaje	211
Regla 8: Maniobras para evitar el abordaje	212
Regla 9: Canales angostos	213
Regla 12: Derecho de paso entre embarcaciones a vela	213
Regla 13: Situación de alcance	214
Regla 14: Situación de vuelta encontrada.....	214
Regla 15: Situación de cruce	215
Regla 16: Maniobra del buque que cede el paso	215
Regla 17: Maniobra de quién sigue a rumbo.....	215
Regla 18: Obligaciones entre categorías de buques	216
Regla 19: Conducta de las embarcaciones con visibilidad reducida	216
BALIZAMIENTO	217
Marcas laterales de día, región "A"	217
Marca de peligro aislado.....	219
Señales sonoras entre buques a la vista	219
LEGISLACIÓN	220
Atribuciones de las Autoridades Federativas.....	220
Zonas prohibidas o con limitaciones a la navegación	220
Distancia mínima de navegación	220
Playas	220
Limitaciones a la navegación establecidas en los reglamentos de la policía de puertos	220
MOTORES.....	221
Características de los motores fueraborda y dentroborda, interior y propulsión a turbina, en cuanto a su instalación	221
Instrumentos de control y mandos de maniobra del motor.....	222
Funcionamiento general	222
Precauciones para la puesta en marcha.....	223
Precauciones durante la conducción	223
COMUNICACIONES	224
Disciplina en el empleo de la radiotelefonía	224
Procedimiento de enlace.....	225
Procedimiento general.....	225
Mensajes de socorro, urgencia y seguridad	226
CUESTIONES	228

Introducción

¿Qué es un B3E?



INTRODUCCIÓN

El Buceador Tres Estrellas, un título de la Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS)...

Que agrupa a los clubes de buceadores y centros de buceo que libremente se asocian en cada Comunidad o territorio del Estado Español, formando sus Federaciones Autonómicas.



Como todos los cursos de formación de buceadores de la FEDAS que se imparten en estos clubes y Centros, el curso de B3E está diseñado por el Comité Técnico de la ENBAD (Escuela Nacional de Buceo Autónomo Deportivo), siendo su profesorado los Instructores que se han formado también por el Comité Técnico en colaboración con las diversas Escuelas Autonómicas.

El plan de formación de buceadores de la FEDAS se compone de tres títulos de buceador: B1E, B2E y B3E; además de catorce cursos de especialidad.

Por consiguiente, nos encontramos en el nivel de titulación más alto que como buceador deportivo se puede adquirir.

En algunas Comunidades Autónomas, aquellas que han hecho uso de las transferencias en materia de buceo deportivo y legislado sobre los títulos de buceador deportivo, el título de B3E es equivalente al título de Buceador de Primera Clase establecido en el Decreto 2055 de 25 de septiembre de 1969. Sin embargo, la carga formativa que ha establecido el Comité Técnico de la FEDAS para el curso de B3E en los diferentes planes de estudio que se han sucedido en el tiempo, ha propiciado que la preparación teórica y práctica de los alumnos que superan el curso de B3E sea mucho más completa que la de un Buceador de Primera Clase.

Prueba de ello es el reconocimiento que se ha hecho del título de B3E por parte de la administración del estado cuando en el Real Decreto 932/2010, de 23 de julio, por el que se establece el título de Técnico Deportivo en buceo deportivo con escafandra autónoma y se fijan sus enseñanzas mínimas y los requisitos de acceso, en su artículo 23 igual que a los Deportistas de Alto Nivel, **les declara exentos de la superación de la prueba de acceso a esos estudios.**

Artículo 23. Exención de la superación de la prueba de carácter específico a los deportistas de alto nivel y alto rendimiento.

Estarán exentos de superar la prueba de carácter específico que se establece para tener acceso al ciclo inicial de grado medio en buceo deportivo con escafandra autónoma aquellos deportistas que acrediten:

...

c) Aquellos que estén en posesión del certificado federativo de Buceador tres estrellas, expedido por la Federación Española de Actividades Subacuáticas.

Y también un título de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS)



CMAS

De la que FEDAS forma parte desde 1.959, año de su formación, junto a más de 85 federaciones de otros tantos países.

La CMAS establece en sus estándares el título de buceador *** definiéndolo como ese buceador que tiene una formación completa y, además, es experimentado, responsable y competente para dirigir a otros buceadores de cualquier grado en aguas abiertas.

El Comité Técnico de la ENBAD ha seguido los estándares del buceador *** CMAS cumpliendo una de las funciones de esta Confederación: unificar criterios sobre los títulos, atribuciones y formación de los buceadores, para que de esta forma los títulos emitidos por cada una de las Federaciones **sean reconocidos en el ámbito internacional**.

CÓMO QUEREMOS QUE SEA UN BUCEADOR TRES ESTRELLAS

El perfil del B3E

Siempre que describimos el perfil de un título de buceo comenzamos hablando de las nuevas atribuciones que va a tener quien supere el curso de formación correspondiente.

Sin embargo, las nuevas atribuciones de un B3E: bucear por debajo de los 30 m (máximo recomendado 40 m) y colaborar en un club como buceador de seguridad en los cursos o en las competiciones que lo requieran, son insuficientes para reflejar lo que es un B3E y lo que se espera de él.

Un B3E es mucho más que un buceador que tiene esas atribuciones y para justificarlo vamos a explicar el lugar que le hemos hecho ocupar dentro de todo nuestro plan de formación.

Desde que se establecieron los títulos de buceo en el año 1969 se ha tratado de clasificar a los buceadores según la profundidad a la que podían bajar, lo cual en la ENBAD siempre nos ha parecido un criterio limitado porque la profundidad añade un grado dificultad a las inmersiones pero no es éste el único factor que interviene.

En la ENBAD nos planteamos que el buceador del primer nivel debería desenvolverse en un ambiente subacuático lejano a la narcosis y en el que fuera difícil entrar en descompresión. Estamos hablando de profundidades alrededor a los 20 m, incluso los 25 m. Pero lo que hemos considerado deter-

minante para establecer el perfil del B1E es en que sólo debe depender de su jefe de equipo para tomar algunas decisiones y orientarse en el agua. Por eso condicionamos su buceo obligando a que lo realice con un buceador que tenga los conocimientos y experiencia suficientes para dirigir la inmersión.

Sabemos que esa experiencia y los conocimientos que sobre ella se sustentan no se pueden adquirir en un primer curso de buceo. Sin embargo, eso es lo único que le falta al B1E, por lo demás debe ser un buceador COMPLETO.

Para que el B1E sea completo necesita: comprender como se está adaptando al medio, tener una técnica que le permita moverse, flotar y desplazarse correctamente, controlar la respiración con la escafandra bajo el agua, conocer las normas de seguridad y mantener una actitud responsable con sus compañeros y de respeto hacia la vida subacuática. Esto es lo que se pretende conseguir del alumno durante un curso de B1E.

El B2E ya sabemos cómo debe ser y qué necesita en su formación: es el buceador completo y AUTÓNOMO. No necesita a nadie salvo a un compañero de buceo, lógicamente. Tiene formación y experiencia para decidir si se bucea o no, cual es el sitio más apropiado para descender y ascender, se orienta por el fondo y controla su inmersión y la de un equipo de buceadores. Incluso puede programar y realizar una inmersión con descompresión vigilando que se hace de forma segura y sin improvisaciones. Además, también está capacitado para auxiliar a un compañero fuera y dentro del agua.

El atributo del B2E de bucear hasta 30 m se establece para seguir manteniéndole lejos de una posible narcosis, que es un riesgo inherente a la utilización del aire como mezcla respiratoria a presiones superiores a 4 atm.

La narcosis solo se evita cambiando de mezcla respiratoria y sólo se mitigan sus efectos reconociéndola a tiempo y ascendiendo de cota, para lo cual es necesario contar con la experiencia del buceador.

Un B3E que cuenta con esa experiencia y sabe cuales son las consecuencias puede rebasar los 30 m de profundidad. Aun así, te recomendamos que no superes los 40 m, que no incrementes la probabilidad de tener que desenvolverte bajo el techo virtual de la descompresión con las facultades mermadas por el aire que respiras.

En el caso del B3E, una vez más, el dato de la profundidad que puedes alcanzar no es del todo relevante para describir cuales son tus características como buceador y para establecer el plan de formación correspondiente.



Un B1E acompañado por un B2E

Al B3E, además de ser un buceador completo y autónomo, vamos a añadirle ahora una característica específica: ser GARANTÍA.

Como buceador B3E tienes que garantizar que todo y en todas las circunstancias se hace correctamente. Pongamos algunos ejemplos para explicarlo.

Mantener la profundidad precisa mientras se realiza una parada de descompresión debe saber hacerlo un B2E, incluso aunque no lo necesite sabe hacerlo un B1E y lo practica durante una parada de seguridad. Pero mantenerse sin cambiar lo más mínimo de profundidad cuando la parada se realiza a la deriva, lejos del cabo de fondeo y mientras se comparte aire con un compañero es lo que un B3E debe garantizar que se hace bien.

Un B3E cuando lidera a un grupo heterogéneo de buceadores para que realicen una inmersión formando varios equipos, debe garantizar que se hacen las previsiones oportunas durante la organización de la inmersión y que se toman las decisiones correctas para resolver las contingencias.

Atender a dos alumnos de un curso de buceo en el agua dándoles tranquilidad y seguridad cuando el instructor no puede hacerlo, es una misión que debe garantizar un B3E.

Un equipo de buceadores bajo el agua se puede encontrar con diferentes condiciones ambientales, pues bien, cuando esas condiciones son las más difíciles un B3E debe ser el jefe de equipo que garantiza que se va a actuar adecuadamente y a salir de allí sin sufrir ningún daño.

Un buceador se encuentra con multitud de cosas que tiene que hacer correctamente, se ha formado para ello. Sin embargo, las condiciones que rodean una inmersión, los buceadores, el ambiente, el estado de la mar, etc. se lo ponen más o menos difícil. Formarse para ser un B3E es formarse para garantizar que en el peor de los casos vas a resolver bien las situaciones.

Resumiendo, un B3E no sólo se va a caracterizar por lo que hace sino cómo lo hace. Tienes que saber lo que estás haciendo, demostrar que es la mejor forma de hacerlo y convencer de que es lo más seguro.

En los límites del buceo deportivo cuando se comienzan a invadir los ambientes que llamamos del buceo técnico, siempre hace falta un B3E. Porque no existe una línea nítida de frontera entre un buceo y otro, hace falta quien con su experiencia la establezca. Hace falta quien diga: esto sí se puede hacer y explique como, por ejemplo, entrar en una gruta desconocida, o que diga no, esto es una cueva y aquí no podemos entrar.



Cuando la situación es complicada la presencia de un B3E es una garantía.

El B3E como ayudante de un curso de buceo

En los clubes los instructores, siempre que la normativa autonómica lo permita, durante la impartición de los cursos de buceo pueden contar con la ayuda de los B3E.

¿En qué puede consistir esa ayuda? Pues, principalmente, en colaborar para mantener la seguridad de los alumnos, ser un ejemplo y contribuir a mejorar las relaciones del grupo.

Tienes que ser un ejemplo más para los alumnos. El objetivo de los alumnos es convertirse en un buceador como tú y querrán imitarte. La imagen que proyectes de serenidad, responsabilidad y coherencia puede ser muy útil para que el instructor ilustre lo que quiere que el alumno aprenda.

Debes contribuir a mejorar las relaciones entre los alumnos, el instructor y el club porque debido a tu proximidad, a los alumnos y a los instructores, puedes limar asperezas, dar explicaciones; hacer que todos se entiendan.

Pero, ¡atención! Lo que nunca es tarea tuya es la formación del alumno. No estás capacitado para explicar adecuadamente, para corregir, para encontrar soluciones a los problemas de los alumnos ni para evaluarlos. Eso es misión de quien está preparado para hacerlo: el instructor. Y no debes interferir en ese trabajo.

El B3E tiene que formar un equipo con el instructor con quien trabaja; deben estar coordinados y entenderse fácilmente para lo que es imprescindible el diálogo. Deben acordar como se van a hacer las cosas y evaluar como están saliendo, pero siempre entre ellos y no delante de los alumnos. Así pueden expresarse con más libertad y cualquier contradicción o diferencia entre ellos no será interpretada por el alumno como una discusión. Además, los oídos y ojos del B3E deben ser también los del instructor y deben compartir toda la información posible.

Otro de los aspectos que une al B3E ayudante con el instructor es que son compañeros de seguridad. Además del trabajo que realiza cada uno, enseñar el instructor y colaborar en la seguridad de los alumnos el B3E, bajo el agua la seguridad del instructor depende del B3E y viceversa.

Tienen que estar pendientes el uno del otro y comportarse como dos compañeros de buceo. Esta actitud vuelve a ser un ejemplo importante que transmitir a los alumnos: Todos los buceadores, tengan la experiencia que tengan, deben tener en su compañero la primera garantía de su seguridad.



Un B3E como buceador de seguridad.

En el hipotético caso de que el instructor sufra un accidente o se encuentre momentáneamente incapacitado (un mareo, un golpe, etc) tú tienes que asumir la responsabilidad de liderar todo el equipo –alumnos e instructor– y garantizar su seguridad.

Pero, durante la equipación de los alumnos, entrada al agua, el descenso, los movimientos por el fondo, el ascenso y las situaciones de emergencia ¿Qué es lo que tienes que hacer como B3E ayudante?... Lo que hayas acordado con el instructor.

También tienes que ponerte de acuerdo con el instructor como vais a mantener la atención sobre los alumnos.

Cuando se realiza un ejercicio el instructor, dependiendo de las características de ese ejercicio, atiende a uno o varios alumnos y con un grado mayor o menor de intensidad. Pues bien, eso tienes que conocerlo para saber que alumnos tienen que estar dentro de tu foco de atención.

Como ayudante debes saber donde ponerte, mirar, controlar y que hacer si se interrumpe un ejercicio u ocurre una emergencia.

Todo un plan de trabajo que surge de ese diálogo que hemos señalado y que tienes que mantener con el instructor.

No debemos olvidar

- 1. La función de un B3E que colabora en un curso de buceo no es enseñar.**
- 2. El B3E como buceador de apoyo debe ser el mejor ejemplo que pueden observar los alumnos.**
- 3. El Instructor y el B3E deben determinar la forma en que se va a realizar la colaboración de este último.**
- 4. El B3E que colabora en un curso debe informar al Instructor de todo lo que observe y pueda influir en el desarrollo del curso.**
- 5. El B3E cuando colabora en un curso debe responsabilizarse de la seguridad de aquellos alumnos que se le encomienden y de todo el grupo cuando no pueda asumir esa responsabilidad el instructor.**

La formación del B3E, características de este curso

Para que como B3E seas una garantía de todo lo que hemos dicho es necesario que seamos muy exigentes con tu formación.

En el terreno teórico tu nivel de conocimientos tiene que ser alto. Conocer no sólo sirve para encontrar las respuestas adecuadas sino también para hacerlo con rapidez y seguridad.

Alguno de los temas que se van a tratar en los capítulos de este manual y que forman parte del programa del curso parece que exceden de tus competencias (gases, biología, ...) y no es así. Son conocimientos que te servirán para liderar a tus compañeros, para orientarles.

Decíamos antes que en el límite entre el buceo deportivo y el técnico debe encontrarse un B3E, pues bien, los conocimientos que te permiten estar ahí pueden ser el punto final de tu formación pero también, si tuquieres, pueden ser una puerta que se abre para que pases al mundo del buceo técnico.

No menos exigente tenemos que ser con tu técnica de buceo. No vas a descubrir muchos procedimientos nuevos pero si que vas a practicar los que ya conoces en condiciones más difíciles. Las dos técnicas esenciales para el buceo con escafandra autónoma: el control de la respiración y de la flotabilidad, tienes que ejecutarlas correctamente en las circunstancias más difíciles y realizando otras tareas a la vez. Esto último será una prueba de su dominio.

Va a ser un curso difícil y los resultados serán proporcionales al trabajo que realices en las sesiones teóricas y al esfuerzo que apliques en tus entrenamientos. Por eso esperamos que acabes superando todas las evaluaciones.

Y recuerda lo que se espera de ti como B3E. Por eso, la calificación que obtendrás en cada test, en cada ejercicio y al final del curso no será apto o no apto, sino: garantiza o no garantiza.



La colaboración de un B3E como buceador de apoyo siempre es formando un equipo con el Instructor.



La calificación de un aspirante a B3E no será apto o no apto, sino: garantiza o no garantiza.

CUESTIONES - INTRODUCCIÓN

1. ¿Cuál es el adjetivo que describe mejor a un B1E como buceador?

2. ¿Cuál es el adjetivo que describe mejor a un B2E como buceador?

3. ¿Cuál es el adjetivo que describe mejor a un B3E como buceador?

4. ¿Qué profundidad máxima puede alcanzar un B3E?

5. ¿Qué profundidad es recomendable que no supere un buceador respirando aire?

6. ¿Cuáles son las tres funciones de un B3E que ayuda en un curso de buceo?

7. ¿Qué es lo que no debe hacer nunca un B3E que ayuda en un curso de buceo?

8. ¿Quién es el compañero de buceo del instructor en unas prácticas de un curso de buceo?

9. ¿Por qué podemos decir que un B3E es un deportista de alto nivel?

10. Enumera las cuestiones que debe tratar un B3E que ayuda en un curso de buceo con el Instructor con quien trabaja.

Capítulo 1

Inmersiones profundas

Hablamos de inmersiones a más de 30 m, utilizando aire como mezcla de fondo y de descompresión.

Inmersiones que se desarrollan en una franja de profundidades, de los 30 a los 56 m, donde la probabilidad de sufrir una narcosis es alta.

Inmersiones en las que por utilizar sólo aire los tiempos de descompresión serán dilatados.

Hablamos, por tanto, de las inmersiones más arriesgadas que se pueden hacer dentro del buceo deportivo.

INTRODUCCIÓN

Hablamos de inmersiones a más de 30 m, utilizando aire como mezcla de fondo y de descompresión.

Inmersiones que se desarrollan en la franja de los 30 a los 56 m de profundidad; donde la probabilidad de sufrir una narcosis es alta. Inmersiones en las que por utilizar sólo aire los tiempos de descompresión pueden ser extensos y la cantidad de aire que se va a gastar también.

Hablamos, por tanto, de las inmersiones que tienen más riesgo dentro del buceo deportivo.

Es importante tener esto en cuenta para comprender los niveles de conocimientos, técnica de buceo y experiencia que se te van a exigir para ser un B3E ya que por tu titulación eres el único buceador deportivo que puede realizar este tipo de inmersiones.

Se te va a exigir una formación y experiencia que garanticen adoptar decisiones rápidas y correctas en situaciones de elevado estrés y una técnica de buceo que te permita desenvolverte con total eficacia en situaciones de alto riesgo.

Pero, independientemente de los conocimientos, de las mejoras en la técnica y de la experiencia que vas a adquirir durante este curso la probabilidad de sufrir una narcosis no se reduce. Por eso te **recomendamos que en el buceo deportivo no superes los 40 m de profundidad respirando aire**. Las inmersiones deben hacerse con mezclas respiratorias que tengan un poder narcótico equivalente al aire a 30 m y si estás interesado en hacerlas, entonces, te recomendamos continuar después tu formación con el curso de Nítrox técnico y el de buceo con Trímix.

Vamos a dividir la formación sobre inmersiones profundas en dos partes que trataremos en dos capítulos diferentes.

El objetivo de este primer capítulo va a ser que el futuro B3E recuerde todo lo que aprendió sobre la organización de inmersiones con descompresión en el curso de B2E y los procedimientos de cálculo con las tablas. Por eso, a lo largo de la primera parte del capítulo resumiremos los contenidos de la formación del B2E que no se deben olvidar.

En la segunda parte de este mismo capítulo vamos a recordar como se aplican esos conocimientos mediante la resolución de problemas. Cada colección de problemas cuenta con algunos resueltos que, además, puede explicarte tu instructor en clase.

Aunque existen diferentes niveles de dificultad en los problemas propuestos debes intentar hacerlos TODOS. Recuerda: Un B3E tiene la cualificación más alta en el buceo deportivo.

INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN

Vamos a recordar

- 1. Qué requieren la inmersiones con descompresión.**
- 2. Por qué no son totalmente seguros los planes de ascenso.**
- 3. Las consecuencias que pueden tener las microburbujas.**
- 4. Los síntomas y el tratamiento de la enfermedad descompresiva.**

A medida que la inmersión es más profunda el tiempo límite para entrar en descompresión se reduce como podemos ver en la tabla adjunta.

Ya sabemos que si permanecemos, por ejemplo, 30 minutos a 30 m, no podemos subir directamente a la superficie debido al exceso de nitrógeno disuelto en nuestros tejidos. Habremos entrado en descompresión y tenemos que subir por etapas; parándonos para eliminar nitrógeno a unas determinadas profundidades y, de esta forma, evitar una sobresaturación "crítica".

Preparamos un plan de ascenso: estableciendo las paradas que debemos realizar, los tiempos que debemos permanecer en ellas y los tiempos que tenemos que tardar en ir de una a otra. Pero lo establecemos de antemano con los datos de cual va a ser la profundidad máxima y el tiempo de inmersión mediante unas tablas o interpretando la información que nos dé un ordenador de buceo.

Para asegurarnos de que el plan de ascenso se va a cumplir tenemos que hacer la planificación previamente: establecer el recorrido que se va a realizar, elegir el lugar de ascenso apropiado y el tiempo que vamos a estar en el fondo. Hay que hacer una previsión del aire que necesitamos o determinar las presiones mínimas con las que se debe regresar e iniciar el ascenso.

Tenemos que estar preparados para cuando ocurran imprevistos como, por ejemplo, un excesivo frío durante la inmersión, retrasos en llegar a la parada de descompresión, aparición de un fuerte oleaje, aplicar los "**protocolos de emergencia**" y reconducir esas situaciones sin disminuir la seguridad.

También hay que estar preparados para lo peor, para atender a un compañero que sufre un accidente de descompresión y para evacuarlo rápidamente al lugar apropiado.

Profundidad máxima (m)	Tiempo límite (min)
24	39
27	30
30	25
33	20
36	15
39	10
42	10

No debemos olvidar

1. Si el plan de ascenso no se cumple o no es el correcto, entonces, existe una probabilidad muy alta de que la sobresaturación sea crítica en alguno de nuestros tejidos, aparezcan MACROBURBUJAS y se produzca la Enfermedad Descompresiva (ED).

Cuando aprendimos a realizar los cálculos de los planes de ascenso en las inmersiones con descompresión entendimos porque no existe un plan que garantice al 100% la seguridad del buceador.

La culpa de esa imprecisión sabemos que es de la singularidad de nuestros tejidos y de la velocidad con la que penetra y sale de ellos el nitrógeno. **Velocidad qué es tan variable que impide el cálculo de la cantidad de nitrógeno disuelto en un momento determinado de la inmersión con precisión.**

Las causas de esa variabilidad son diversas. Influye el grado de vascularización que tengan los tejidos, la eficacia del sistema circulatorio, la composición de la sustancia intercelular, la temperatura o la presencia de otros gases en la sangre.

Todas esa causas son las que hacen que cada tipo de tejido en un buceador se comporte de manera diferente al resto, que el mismo tipo de tejido de dos buceadores diferentes se comporte de manera distinta e, incluso, que el mismo tejido de un buceador se comporte de forma diferente según las condiciones ambientales.

Y este grado de incertidumbre es lo que debe hacernos muy prudentes. Porque un día hayamos rebasado ligeramente los límites y no haya pasado nada no quiere decir que vaya a ocurrir así siempre.

No debemos olvidar

1. Nunca debemos rebasar la curva de seguridad si no está planificada la inmersión para hacerlo. Al no estar previsto el plan de ascenso, podría suceder que no pudiéramos cumplirlo, por ejemplo, por falta de aire.
2. Una inmersión con descompresión requiere:
 - Un plan de ascenso de paradas y tiempos.
 - Conocer los protocolos de emergencia para modificar el plan de ascenso ante situaciones imprevistas.
 - Una planificación de la inmersión con medidas especiales para garantizar que se puede cumplir el plan de ascenso.
 - Un plan especial de evacuación para que se atienda y traslade a quien no haya cumplido el plan de ascenso o manifieste síntomas de la ED.
 - Un equipo de administración de oxígeno normobárico y los medios para poner en marcha el plan de evacuación.

Y, además, están las microburbujas

Las microburbujas de nitrógeno son del tamaño de una micra (milésima parte de un milímetro), aparecen siempre que se inicia cualquier ascenso, no sólo el último y siguen produciéndose durante varias horas después de salir del agua. Se encuentran en los tejidos (plasma intersticial) y en la sangre venosa de regreso hacia los pulmones, que es el itinerario por donde se transporta el exceso de nitrógeno. Pero lo más importante es que su tamaño y número dependen de la velocidad con que se asciende.

Normalmente, la eliminación del nitrógeno en los pulmones a través de los alvéolos, reduce el número de microburbujas. El peligro que existe, además del hecho poco probable de que provoquen microlesiones, es que la acumulación de un número elevado de microburbujas en una zona pueda producir la formación de macroburbujas patógenas.

Las macroburbujas patógenas ya tienen un tamaño que mediante obstrucciones o presiones pueden producir lesiones en el organismo del buceador. Aparecen, sobre todo, cuando se produce una sobresaturación crítica de los tejidos.

Esto explica por qué la velocidad máxima de ascenso en los últimos años se ha reducido. Cuando no se tenía en cuenta la aparición de las microburbujas se consideraba que una velocidad igual o menor de 18 m/min era suficiente para que no aparecieran macroburbujas. Posteriormente, la comprobación de que, en determinadas circunstancias, la acumulación de microburbujas puede convertirlas en macroburbujas, ha obligado a limitar la velocidad de ascenso hasta 9 m/min para reducir de esta forma su aparición.

Además, las microburbujas en determinadas condiciones fisiológicas de los pulmones o del corazón pueden pasar de la sangre venosa a la arterial y desde allí distribuirse por el cerebro y el músculo cardiaco. La gravedad de las lesiones que se podrían producir si allí se convierten en macroburbujas es una razón más para que procuremos reducir su número.

El paso de las microburbujas a través de los pulmones a la sangre arterial se favorece cuando de forma reiterada hay aumentos y disminuciones de la presión externa. **Este es el motivo por el cuál no debemos realizar perfiles de inmersión con forma de diente de sierra y por el que después de la inmersión adoptamos medidas para favorecer su eliminación.**



Dejémonos un par de minutos para el ascenso

Los modelos que utilizan hoy en día los ordenadores de buceo tienen en cuenta la formación de microburbujas y proponen planes de ascenso con paradas más profundas.

Si utilizamos unas tablas o no llevamos uno de estos ordenadores podemos ampliar nuestra seguridad deteniéndonos un minuto a 10 m y otro a 5 m aunque no nos lo indiquen nuestras tablas o el ordenador. Está comprobado que de esa manera se reduce el número de microburbujas con las que un buceador sale del agua.

Pero esos dos minutos que vamos a pararnos hay que quitárselos al tiempo que queremos pasar en el fondo. Si no lo hacemos así, tendríamos que cambiar de plan de ascenso pues no estamos subiendo a 9 m/min. Veamos un ejemplo: si elaboramos un plan de ascenso para pasar 35 minutos a 36 m y queremos hacer las dos paradas de seguridad de un minuto a 10 y 5 m, comenzaríamos el ascenso a los 33 minutos.

No debemos olvidar

- 1. Para que se produzca el menor número de microburbujas en un ascenso debemos reducir la velocidad y no superar los 9 m/min.**
- 2. Para que las microburbujas que se formen no se acumulen de forma peligrosa debemos realizar un perfil de inmersión correcto y evitar el perfil de diente de sierra.**
- 3. Para que se eliminen totalmente las microburbujas a través de los pulmones después de la inmersión debemos:**
 - Protegernos de la pérdida de calor con prendas adecuadas.**
 - Evitar el esfuerzo físico.**
 - No bucear en apnea.**
 - Calcular y respetar el tiempo que necesitamos para subir a una determinada altitud o para volar.**
 - Hidratarnos bien con bebidas isotónicas.**

La enfermedad descompresiva (ED)

Desde que aparecen las macroburbujas de nitrógeno hasta que aparecen los primeros síntomas puede pasar un tiempo que llamamos **tiempo de latencia** y durante el cual se califica a las macroburbujas como “**silenciosas**”.

Recordemos que según los síntomas y signos que aparecen podemos clasificar la ED en ED de tipo I y de tipo II.

La ED I quiere decir que el buceador presenta dolores musculares o en las articulaciones, manchas violáceas o de color escarlata en la piel y el médico que lo reconoce no encuentra indicios de ningún síntoma de la ED II.

Los síntomas de la ED II incluyen síntomas neurológicos, como insensibilidad, hormigueo, debilidad muscular, parálisis, incontinencias de orina o del recto y pérdida del conocimiento. A veces, también se pueden presentar problemas cardiorrespiratorio, con síntomas como dolor de pecho y tos molesta.

Ante la aparición de los primeros síntomas tenemos que actuar. Incluso antes de que aparezcan si hemos subido saltándonos alguna parada del plan previsto. El accidentado tiene que ser trasladado a la cámara hiperbárica más próxima que se encuentre operativa, es decir, en funcionamiento y con el personal apropiado para poder impartir en ella un tratamiento.

Tan importante como la organización del traslado a la cámara hiperbárica es empezar, desde que aparecen los síntomas, a contrarrestar el efecto de las burbujas de nitrógeno, para lo cual es imprescindible la administración de oxígeno.

Si un buceador respira oxígeno al 100 % la presión parcial de nitrógeno en el alvéolo disminuye y favorece la eliminación del que llega en la sangre proveniente de los tejidos. Entonces, baja la tensión de nitrógeno en los tejidos y como las burbujas allí formadas tienen en su interior una mayor presión parcial lo cederán reduciendo de esta forma su tamaño.

Durante el traslado a la cámara hiperbárica es necesario que **el accidentado, si está consciente, beba mucha agua** para que esté bien hidratado y se contrarresten los efectos químicos producidos por las macroburbujas.

Factores que favorecen la aparición de la ED

En general, actúan modificando el volumen y la frecuencia respiratorios, el ritmo cardíaco o la perfusión (el riego) de los tejidos.

El FRÍO produce una reducción del riego sanguíneo en los tejidos periféricos. El organismo para evitar la pérdida del calor que tiene la sangre primero reacciona reduciendo el flujo sanguíneo hacia las extremidades y la piel, y después estableciendo cortocircuitos entre los vasos de la sangre arterial y de la venosa para no pasar por esas zonas más frías.

Si esta reacción ante el frío sucede durante el ascenso o en la superficie después de la inmersión, mientras que estamos eliminando nitrógeno en los tejidos, la zona afectada por el cortocircuito al tener menos vascularización no podrá eliminar el nitrógeno con la misma velocidad con que lo absorbió y, por tanto, aumentará la probabilidad de que aparezcan macroburbujas.

Otro factor de riesgo es el cambio de ALTITUD. Cuando viajamos y ascendemos desde el nivel del mar la presión atmosférica disminuye y los tejidos se encuentran más sobresaturados de nitrógeno; lógicamente, al descender hacia el nivel del mar ocurre todo lo contrario.

Por eso, vamos a considerar dos situaciones y lo que tenemos que hacer en ellas:

- a) Hemos buceado en el mar y queremos ascender después a una montaña.

No debemos realizar el ascenso hasta que no pase un tiempo prudente y hayamos eliminado todo el exceso de nitrógeno. Es una situación similar a la de volar en avión.

- b) Vamos a bucear en un lago que se encuentra a una altitud considerable.

En ese caso, dejaremos primero que el organismo se aclimate a la altitud y que los tejidos se saturen de nitrógeno a esa presión atmosférica. Esto puede tardar unas doce horas, así y todo, utilizaremos las tablas u ordenador apropiados para esa altitud.

A partir de los 3.000 m se pueden producir alteraciones profundas de la descompresión debido a las variaciones de las presiones parciales de la mezcla respiratoria en los alvéolos por la presencia de vapor de agua. Por esta razón y algunas más es necesario un entrenamiento y formación especiales para realizar este tipo de inmersiones.

La EDAD del buceador hay que considerarla un factor de riesgo. El sistema circulatorio de una persona se hace menos eficiente al envejecer, lo que afecta a la eliminación del nitrógeno. Es conveniente mantener una dieta sana y realizar ejercicio para mantener en las mejores condiciones el sistema circulatorio.

LA OBESIDAD también es un factor de riesgo. Se sabe que el tejido graso absorbe más nitrógeno y se ha comprobado que las personas obesas tienen mayor probabilidad de sufrir la ED. Una persona con un peso superior en un 20 % al ideal no está capacitada para el buceo profesional, científico o militar y debería tomar medidas de precaución en el buceo deportivo.

Es evidente la influencia del TABACO en el sistema respiratorio y lo que puede mermar su eficacia, sobre todo en situaciones de alta demanda respiratoria. Por estos motivos y por la mejora de su salud, todo buceador fumador debería considerar seriamente el dejar de fumar.

Las MALAS CONDICIONES FÍSICAS del buceador o los ESFUERZOS DURANTE LA INMERSIÓN pueden provocar una mayor demanda de oxígeno en los músculos, ocasionándose un incremento del riego sanguíneo. Se induce, por tanto, un mayor flujo de nitrógeno sobre una zona en la que, además, se produce una acumulación de CO₂ derivado de la respiración celular.

Si durante el ascenso disminuye la demanda de oxígeno, se reducirá también el riego sanguíneo en ese tejido y el nitrógeno tendrá más dificultades para retornar, lo que se vería entorpecido por la presencia del CO₂, o sea, que aumentaría la sobresaturación.

También la deshidratación o los antecedentes de accidentes disbáricos del buceador son factores de riesgo.

No debemos olvidar

1. Es imprescindible revisar si existe alguno de estos factores de riesgo antes de una inmersión.
2. La presencia de varios factores puede producir, en algunos casos, que sus efectos no se sumen sino que se multipliquen.
3. El tiempo de latencia de las macroburbujas puede ser grande y los síntomas de la ED retrasarse en su aparición varias horas. Aunque, el tiempo promedio oscila entre 15 minutos y 12 horas.
4. Los síntomas de la ED no son siempre evidentes. El cansancio inusual, los dolores de las articulaciones, de los músculos o de alguna zona del cuerpo pueden confundirnos y hacernos pensar que se deben a otra causa.
5. Si, además, el buceador no ha incumplido ninguna regla de seguridad durante la inmersión, la confusión puede ser mayor y retrasar el diagnóstico y el inicio del tratamiento de la ED.
6. Por tanto, debemos prestar atención a esas molestias y si aparecen gradualmente, no cambian con el movimiento de la zona afectada y no desaparecen con analgésicos debemos considerarlas como claros síntomas de la ED.
7. También, debemos vigilar la aparición de otros síntomas que pueden acompañar al dolor como fatiga, vértigo y cambios en la sensibilidad cutánea (insensibilidad, rigidez, frialdad) que permiten confirmar la presencia de la ED.

CÁLCULO DEL PLAN DE ASCENSO MEDIANTE TABLAS

Vamos a conocer

1. Cómo se calcula el plan de ascenso con unas tablas.
2. Los protocolos de emergencia.

Utilizaremos las tablas de la US Navy.

Utilización de la Tabla I para establecer el plan de ascenso en una inmersión simple (han pasado 12 horas desde la inmersión anterior)

Vamos a entrar en la Tabla I (ver tablas del final del capítulo) con dos parámetros: la profundidad de la inmersión y el tiempo en el fondo.

Consideraremos como PROFUNDIDAD DE LA INMERSIÓN la profundidad máxima a la que hemos estado, independientemente del tiempo de permanencia en ella. Igual que hacíamos en el caso de las inmersiones sin descompresión.

Buscamos la profundidad en la primera columna de la Tabla I. Si no encontramos su valor, ya que las profundidades van de tres en tres metros, cogemos la inmediata superior sin tratar de hacer extrapolaciones. Por ejemplo, si nos encontramos a 29 m consideramos 30.

El tiempo que se toma para entrar en la tabla es el TIEMPO EN EL FONDO que es el **tiempo que transcurre desde que nos sumergimos hasta que iniciamos el ascenso, exactamente a 9 m/min, hacia la primera parada de descompresión**.

Pues bien, con el dato de la profundidad de la inmersión en la primera columna de la Tabla I buscamos el tiempo en el fondo en la segunda columna y en su fila encontraremos los datos del plan de ascenso.

En la Tabla I la profundidad de 30 m tiene en su columna adyacente intervalos de tiempo que van desde 25 hasta los 60 minutos. Si queremos obtener el plan de ascenso para un tiempo en el fondo de 40 minutos seguiremos la fila indicada.

Si no encontramos el tiempo en la segunda columna tomamos el inmediato superior que aparezca sin realizar extrapolaciones. Por ejemplo, si fuesen 41 minutos tomaríamos 45.

El primer tiempo que aparece en la segunda columna corresponde al Tiempo Límite de la inmersión sin descompresión. Para los 30 m son 25 minutos.

En la columna tercera aparece el tiempo en minutos, redondeado sin decimales, que se debería tardar en llegar desde el fondo a la primera parada subiendo a la velocidad de 9 m/min; por ejemplo, desde los 30 m hasta 6 m hay 24 m que a 9 m/min se recorren en tres minutos.

Este dato es correcto si iniciamos el ascenso desde los 30 m pero, no lo es, si ya hemos ido subiendo lentamente (a una velocidad mucho menor que la de 9 m/min) antes de tomar el tiempo de fondo.

En las columnas cuarta, quinta y sexta, bajo los números 15, 12, 9 y 6 se encuentran los tiempos que tenemos que permanecer a esas profundidades como paradas de descompresión. Por ejemplo, siguiendo la fila de los 40 minutos de tiempo en el fondo en la columna sexta, debajo del 6 que indica los metros de profundidad a los que hay realizar la parada de descompresión encontramos el tiempo que debemos permanecer en ella: 26 minutos.

En la última casilla aparece el grupo de inmersión sucesiva que es el coeficiente de salida con el que tendríamos que iniciar los cálculos para realizar una inmersión sucesiva.

En efecto, si realizamos una inmersión a 30 m durante 30 minutos de tiempo en el fondo, consultando las tablas observaremos que después de 7 minutos de ascenso saldríamos del agua con un coeficiente "J".

¿Y si no subimos a la velocidad exacta de 9 m/min?...

No debemos olvidar

- Si al llegar a la primera parada EL TIEMPO DE ASCENSO HA SIDO MAYOR DEL PREVISTO subiendo a 9 m/min (quiere esto decir que hemos ido más despacio) la diferencia se le añade al tiempo en el fondo y con este nuevo tiempo se calcula el plan de ascenso. Puede ocurrir que, entonces, haya que cambiar los tiempos de las paradas de descompresión o su profundidad.*
- Si al llegar a la primera parada EL TIEMPO DE ASCENSO HA SIDO INFERIOR AL PREVISTO subiendo a 9 m/min (quiere esto decir que hemos ido más deprisa) la diferencia se le añade al tiempo que deberíamos permanecer en la primera parada. Hay que procurar que esto no ocurra, no sólo por que se incumple el plan de ascenso sino porque, además, se incumple la norma de seguridad de no superar nunca la velocidad de ascenso de 9 m/min.*

Utilización de la Tabla I para establecer el plan de ascenso en una inmersión sucesiva

El procedimiento para realizar inmersiones sucesivas, es decir, para realizar una nueva inmersión sin que hayan pasado 15 horas y 50 minutos desde que salimos de la anterior, ya lo conocemos y hay que seguir estos pasos:

- 1.- Valorar la cantidad de nitrógeno con que salimos mediante el coeficiente de salida de la primera inmersión. Cuando ésta era sin descompresión lo encontrábamos en la "Tabla II. Límites de tiempo y coeficientes de salida". Pero, si la primera inmersión se ha realizado con descompresión, el coeficiente de salida habrá que buscarlo en la "Tabla I".
- 2.- Teniendo en cuenta que eliminamos nitrógeno durante el intervalo en superficie, según la duración del mismo y el coeficiente de salida de la primera inmersión, se obtiene el coeficiente de entrada en la segunda inmersión utilizando la "Tabla III".
- 3.- Determinar el tiempo de nitrógeno residual a que equivale el coeficiente de entrada según la profundidad de la segunda inmersión lo hacemos utilizando la "tabla IV".

- 4.-** Si queremos realizar la segunda inmersión sin entrar en descompresión **le restaremos al tiempo límite de esta inmersión el tiempo de nitrógeno residual** para saber cuál es el tiempo que podemos permanecer en inmersión sin rebasar la curva de seguridad.

Pero si vamos a planificar una inmersión con descompresión, entonces, **el tiempo de nitrógeno residual obtenido en la “Tabla IV” se añadirá al tiempo real en el fondo** de la segunda inmersión para establecer el tiempo con el que entramos en las tablas.

Veamos un ejemplo. Si realizamos una inmersión de 30 minutos a 30 m según la Tabla I salimos con un coeficiente “J”. Si deseamos bucear en el mismo fondo a las 5 horas ese coeficiente se habrá transformado en un E (ver Tabla III). Entrar con un coeficiente E en una inmersión a 30 m se corresponde con 17 minutos de nitrógeno residual (ver tabla IV), por tanto, si no quiero entrar en descompresión en la segunda inmersión sólo podré permanecer sumergido un máximo de 8 minutos, ya que el tiempo límite es de 25 minutos. Si no tuviéramos esto en cuenta y permaneciéramos, por ejemplo, t = 30 minutos tendríamos que realizar el ascenso considerando un tiempo en el fondo de 47 minutos, lo que supone un ascenso con una parada de descompresión.

Esto es el procedimiento teórico para utilizar las tablas en una inmersión sucesiva con descompresión, sin embargo, en la práctica está totalmente desaconsejado realizar este tipo de inmersiones debido a que los cálculos con las tablas tienen menos fiabilidad.

Inmersiones continuadas después de una inmersión con descompresión

Sumergirnos antes de que pasen diez minutos después de salir de una inmersión con descompresión, lo que llamamos realizar una inmersión continuada, está completamente desaconsejado.

Lo está en el caso de que la primera inmersión fuese sin rebasar la curva de seguridad pues con más motivo lo está si hemos salido de una con descompresión.

En teoría, si nos sumergiéramos de nuevo, para realizar el ascenso deberíamos añadir al tiempo que ahora estemos en el fondo el tiempo de la primera inmersión y con la profundidad máxima de las dos establecer el plan de ascenso. El resultado es que, por lo menos, tendríamos que repetir la descompresión realizada en la primera inmersión.

Pero lo peor no es que el nuevo plan de ascenso tenga una duración extensa, sino que después de haberse producido un gran número de microburbujas de nitrógeno en el organismo, su recompresión puede producir que pasen a la sangre arterial y no está garantizado que vayan a disminuir ni en número ni en tamaño.

No debemos olvidar

1. Realizar inmersiones sucesivas con descompresión y calcular el plan de ascenso mediante las tablas no es recomendable porque la incidencia de la ED es mayor debido a los riesgos propios de este tipo de inmersiones y porque los cálculos con las tablas se hacen más imprecisos.
2. Si decidimos realizar una inmersión sucesiva, la segunda inmersión debe ser la menos profunda y el intervalo en superficie lo más dilatado posible para aumentar los márgenes de seguridad.
3. Está totalmente desaconsejado realizar una inmersión continuada después de salir de una inmersión con descompresión.

Protocolos de emergencia

Son medidas que hay que adoptar cuando surge un incidente que altera los planes previstos:

- Cuando durante la inmersión se soporte FRÍO o se produzca UNA PÉRDIDA DEL RITMO RESPIRATORIO debido al ESFUERZO realizado, como la desaturación no se realiza en las mismas condiciones que la saturación, es conveniente tomar un TIEMPO EN EL FONDO SUPERIOR EN LA TABLA I.
- Hay que realizar el ascenso hasta la primera parada a la velocidad exacta de 9 m/min, y en el caso de que lo hagamos más deprisa o más despacio adoptar el procedimiento de corrección ya explicado.
- NO SE DEBE OMITIR LA DESCOMPRESIÓN Y VOLVER A DESCENDER PARA REALIZARLA. Si existe alguna causa de fuerza mayor que impide realizar la descompresión es más seguro iniciar inmediatamente la administración de oxígeno, la rehidratación y el traslado al centro hiperbárico vigilando la aparición de los síntomas de la ED¹.

Por ejemplo, en una inmersión a 30 m, después de un tiempo en el fondo de 40 minutos subimos para realizar la parada de descompresión de 26 minutos a 6 m. Cuando estamos llegando nos percatamos de que el frío está siendo excesivo y para reducir este factor de riesgo decidimos tomar un tiempo en el fondo superior para entrar en las tablas. Esta decisión nos conduciría a tener que realizar una parada de 10 minutos mas a 6 m

¹ Una situación muy especial de DESCOMPRESIÓN OMITIDA es la que se produce cuando tenemos que rectificar el plan de ascenso y nos encontramos por encima de la primera parada de descompresión. En esta situación y como medida excepcional podríamos descender y realizar la parada durante un tiempo igual a la suma del tiempo que teníamos establecido más una cantidad igual a su mitad.

Recomendaciones y normas especiales de seguridad

La precaución con que debemos abordar las inmersiones con descompresión se debe traducir en un comportamiento responsable. Vamos a intentar resumir todas las precauciones que debemos adoptar y por eso:

No debemos olvidar

- 1. La planificación de una inmersión con descompresión debe tener en cuenta que el plan de inmersión no se pueda cumplir (rebasando la profundidad o el tiempo previsto) y se elabore otro plan de ascenso alternativo.**
- 2. Cada buceador debe contar con aire suficiente para realizar toda la inmersión, incluso para realizar el plan de ascenso alternativo.**
- 3. En el cabo del ancla o en el lugar donde se espera realizar las paradas de descompresión, debe colocarse una escafandra con varios reguladores para una emergencia. Pero cada buceador debe llevar el aire necesario para realizar la inmersión programada y no depender de este aire que es sólo para una emergencia. De esta manera si no pueden regresar al cabo del ancla, en el lugar donde decidan ascender dispondrán de aire suficiente.**
- 4. Las condiciones del mar (oleaje, corrientes, visibilidad, etc.) deben permitir descender rápidamente al lugar preciso de la inmersión y regresar pronto al lugar por donde se tiene previsto realizar el ascenso, en caso contrario se debe suspender la inmersión.**
- 5. En la embarcación, o el lugar desde donde se realice la inmersión, se debe contar con un equipo de administración de oxígeno al 100% y un socorrista formado para administrarlo.**
- 6. Debe estar prevista la forma de evacuar inmediatamente a un accidentado respirando oxígeno hasta una cámara hiperbárica.**
- 7. El descenso se debe realizar lo más rápido que nos permita la compensación de los oídos, la adaptación al medio y los chequeos oportunos. Después de permanecer a la máxima profundidad se debe ascender lentamente sin superar nunca la velocidad de ascenso de 9 m/min, evitando volver a bajar y que el perfil de la inmersión sea de diente de sierra.**
- 8. Debemos vigilar constantemente la proximidad de nuestro compañero y del resto de los miembros del equipo. En este tipo de inmersiones es todavía más importante no separarnos porque el tiempo que podemos tardar en encontrar a un compañero puede poner en peligro el plan de ascenso y, además, no podemos subir a superficie como procedimiento de encuentro.**

9. La vigilancia de que se cumple el plan de inmersión es muy importante para no verse sorprendido. Debe vigilarse el tiempo en el fondo y la profundidad máxima por todo el equipo a intervalos regulares de tiempo.
10. Todos los miembros del equipo de buceadores deben vigilar el consumo de aire pues un incremento exagerado podría provocar que el plan de ascenso previsto no se pueda realizar.

Por este motivo proponemos la siguiente REGLA DEL AIRE para inmersiones con un tiempo de ascenso menor de 20 minutos:

 - 1.º Iniciar el regreso a las 130 atm de presión en el manómetro.
 - 2.º Iniciar el ascenso a las 70 atm de presión en el manómetro, si no lo hemos tenido que iniciar antes para no rebasar el tiempo en el fondo previsto

Para inmersiones con tiempos de ascenso mayores es necesario hacer los cálculos con más detalle.
11. Hay que llevar una boyá de descompresión y cabo suficiente para izarla desde el fondo.
12. Es muy conveniente llevar dos reguladores en grifos diferentes.
13. En las paradas de descompresión es conveniente realizar un poco de ejercicio para mantener el calor corporal pero sin que se produzca sofoco o fatiga.
14. Despues de viajes largos es conveniente mantener un intervalo de espera antes de realizar una inmersión, máxime si se piensa entrar en descompresión. Durante ese período debe permitirse que el buceador descance, se adapte al clima y horario local, y se rehidrate.
15. Considerando que en la cabina de los aviones comerciales hay una presión equivalente a 2.400 m de altitud, después de una inmersión con descompresión es necesario esperar 24 horas como mínimo para poder volar.
16. Despues de realizar una serie de inmersiones sucesivas es necesario esperar 24 horas como mínimo para poder volar.
17. Despues de realizar una inmersión simple o continuada es necesario esperar 12 horas como mínimo para poder volar.
18. Despues de una inmersión con descompresión o una serie de inmersiones sucesivas es necesario esperar 24 horas para ascender a altitudes superiores a la del nivel del mar.

No se puede establecer con precisión la altitud que no se debe superar porque, además de la disminución de presión que supone el ascenso, hay que tener en cuenta el tiempo que se tarda en acceder a dicha altitud. Pero, podemos indicar que el rango a partir del cual el cambio de altitud puede ser peligroso son los 700 m.

ALTITUD	PRESIÓN			
	m	mmHg	hPa	atm
0	760	1013	1	
100	750,6	1000,4	0,99	
300	732,0	975,7	0,96	
500	714,0	951,6	0,94	
700	696,3	928,1	0,92	
1000	670,7	894,0	0,88	
1300	646,0	861,1	0,85	
1500	630,1	839,8	0,83	
1700	614,5	819,1	0,81	
2000	591,9	788,9	0,78	
2300	570,1	759,9	0,75	
2500	556,0	741,1	0,73	
2700	542,3	722,8	0,71	
3000	522,3	696,2	0,69	
5000	406,8	542,2	0,54	

Tabla de presiones barométricas y altitudes

Inmersiones en altitud

Las diferencias entre una inmersión a nivel del mar y otra realizada en un lago a una determinada altitud son la presión atmosférica y, a partir de determinadas altitudes, los cambios en la composición del aire.

Esta última diferencia establece un límite de altitud: los 3.000 m, a partir del cual las inmersiones requieren una planificación y entrenamiento especial. Por tanto, nos referiremos en este apartado a las inmersiones que se podrían realizar entre los 300 y 3.000 m.

La presión atmosférica, que es el peso/(unidad de superficie) del aire, va disminuyendo con la altitud. Sin embargo, ese descenso no es lineal debido a que la atmósfera se comprime por su propio peso y es más densa cuanto más cerca está de la corteza terrestre.

A pesar de que influyen la temperatura del aire y los fenómenos meteorológicos se puede aproximar la relación entre altitud y presión en una tabla de presiones barométricas y altitudes que se obtiene de la ecuación altimétrica:

$$P = P_0 \times e^{-z/8000}$$

Donde P_0 es la presión a nivel del mar y P la presión a la altitud z puesta en metros.

Consecuencias de tener una presión atmosférica menor para el buceo en altitud

Un buceador en el fondo de un lago a una altitud superior a los 300 m soporta una presión absoluta menor que en el mar a la misma profundidad.

Sin embargo, la variación de presión que soporta al sumergirse es mayor.

Esto que parece una contradicción vamos a comprobarlo comparando dos inmersiones, una en un lago a 2.900 m de altura y 0,7 m de presión atmosférica y otra en el mar.

Un buceador en el lago a 7 m de profundidad, soportaría una presión absoluta de 1,4 atm (la misma que un buceador en el mar a una profundidad de 4 m), sin embargo, la presión con respecto a la de la superficie se ha duplicado, lo mismo que cuando en el mar descendemos a 10 m.

Seguimos considerando que, a pesar de las diferencias de densidad entre el agua del lago y del mar, la presión hidrostática es la misma y cada 10 m de profundidad aumenta una atmósfera.

Si el buceador lleva más de 12 horas en el lago antes de sumergirse, sus tejidos se encontrarán saturados de nitrógeno a la presión de 0,7 atm. Al sumergirse a 7 m y duplicarse la presión se empezarían a cargar de nitrógeno de la misma forma que si estuviera en el mar y se sumergiera a 10 m donde también se duplica la presión.

Para los tejidos del buceador que se sumerge en el lago a 7 m de profundidad no hay diferencia entre hacerlo allí o en el mar a 10 m.

Si el buceador del lago descendiera a 14 m su presión absoluta sería de 2,1 atm pero se habría triplicado la presión con respecto a la superficie como le ocurriría a un buceador que en el mar descendiera a 20 m. Si antes a la profundidad de 7 m en el lago le correspondía una profundidad análoga en el mar de 10 m, ahora a una profundidad de 14 m en el lago le corresponde una de 20 m en el mar.

Resumiendo, en una inmersión en un lago a cada profundidad real del lago le corresponde una profundidad superior en el mar, llamémosla profundidad teórica en el mar, y el estado de saturación del buceador es equivalente al que tendría permaneciendo en el mar esas profundidades teóricas. Entonces para calcular mediante las tablas el tiempo límite o el plan de ascenso de una inmersión en un lago sólo **es necesario encontrar la profundidad teórica en el mar** y utilizar las tablas que hemos usado hasta ahora que son las tablas para inmersiones a nivel del mar.

¿Cómo encontrar la profundidad teórica en el mar?

Se puede comprobar que existe una relación entre las profundidades análogas en el mar y en el lago con sus presiones atmosféricas de la forma

$$\frac{\text{Profundidad teórica en el mar}}{\text{Profundidad real en el lago}} = \frac{\text{Presión a nivel del mar}}{\text{Presión a nivel del lago}}$$

Así, si queremos bucear a 30 m de profundidad en un lago a 300 m de altitud con una presión atmosférica de 733,35 mm Hg, la profundidad teórica análoga en el mar sería:

$$\text{PTM} = (760 / 733,35) \times 30 = 31,09 \text{ m}$$

La velocidad de ascenso

Para calcular la velocidad en el lago podemos utilizar:

$$\text{Velocidad en el lago} = \frac{\text{Presión a nivel del lago} \times 9 \text{ m/min}}{\text{Presión a nivel del mar}}$$

En el ejemplo anterior, como la presión es 733,35 mmHg

Velocidad en el lago = $(733,35 / 760) \times 9 \text{ m/min} = 8,7 \text{ m/min}$, que no es muy diferente a la velocidad de ascenso en una inmersión en el mar, pero que a medida que la altitud es mayor se hace más pequeña.

Las paradas de descompresión

Las profundidades que aparecen en las tablas para las paradas de descompresión corresponden a profundidades teóricas en el mar, por tanto, habrá que calcular cuáles son las profundidades reales en el lago donde hay que hacerlas.

Para calcular la profundidad de la parada en el lago podemos utilizar:

$$\frac{\text{Profundidad teórica en el mar}}{\text{Profundidad real en el lago}} = \frac{\text{Presión a nivel del mar}}{\text{Presión a nivel del lago}}$$

Por ejemplo, a 1.500 m de altitud con una presión atmosférica de 0,8345 atm. la parada de descompresión a 6 m, si sustituimos y despejamos, habría que realizarla

$$\text{Parada RL} = (0,8345 / 1) \times 6 = 5,007 \text{ m}$$

Para conocer las profundidades teóricas y las de las paradas reales de descompresión si conocemos la altitud del lago también se pueden utilizar las tablas V y VI.

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

MODO DE USO

- 1 Entrar en la columna de la izda, con la profundidad máxima de la inmersión. Si el valor no aparece, entrar al inmediato superior.
- 2 Dentro del bloque de la profundidad, buscar en la segunda columna el tiempo de inmersión o su inmediato superior.
- 3 Continuar hacia la derecha para determinar las paradas de descompresión. Los valores que aparecen corresponden a los tiempos de la parada en minutos y la profundidad de cada parada aparece en la parte superior de la columna.
- 4 La letra de la última columna indica el grupo de inmersión sucesiva (cantidad de nitrógeno acumulado)

(Ejemplo): para una profundidad de 35 m. y un tiempo de inmersión de 38 min. entraremos con una profundidad de 36 m. y un tiempo de 40 min. que nos da una descompresión de 51 min. a 6 m. grupo de salida O

VER NOTAS IMPORTANTES AL FINAL DE LA TABLA III

PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESSIVA
			15	12	9	6		
9	371	1				0	1	Z
	380	1				5	6	Z
	420	1				22	23	Z
	480	1				42	43	
	540	1				71	72	
10,5	232	2				0	2	Z
	240	1				4	5	Z
	270	1				28	29	Z
	300	1				53	54	Z
	330	1				71	72	Z
	360	1				88	89	
12	163	2				0	2	O
	170	1				6	8	O
	180	1				14	16	Z
	190	1				21	23	Z
	200	1				27	29	Z
	210	1				39	41	Z
	220	1				52	54	Z
	230	1				64	66	Z
	240	1				75	77	Z
13,5	125	2				0	2	N
	130	1				2	4	O
	140	1				14	16	O
	150	1				25	27	Z
	160	1				34	36	Z
	170	1				41	43	Z
	180	1				59	61	Z
	190	1				75	77	Z

* No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O2 desde 9m

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFOUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1 ^a PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
15	92	2				0	2	M
	95	1				2	4	M
	100	1				4	6	N
	110	1				8	10	O
	120	1				21	23	O
	130	1				34	36	Z
	140	1				45	47	Z
	150	1				56	58	Z
	160	1				78	80	Z
16,5	74	2				0	2	L
	75	1				1	3	L
	80	1				4	6	M
	90	1				10	12	N
	100	1				17	19	O
	110	1				34	36	O
	120	1				48	50	Z
	130	1				59	61	Z
	140	1				84	86	Z
18	60	2				0	2	K
	65	2				2	5	L
	70	2				7	10	L
	80	2				14	17	N
	90	2				23	26	O
	100	2				42	45	Z
	110	2				57	60	Z
	120	2				75	78	Z
	48	3				0	3	K
21	50	2				2	5	K
	55	2				9	12	L
	60	2				14	17	M
	70	2				24	27	N
	80	2				44	47	O
	90	2				64	67	Z
	100	2				88	91	Z

No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O2 desde 9m

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFOUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1 ^a PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
24	39	3				0	3	J
	40	2				1	4	J
	45	2				10	13	K
	50	2				17	20	M
	55	2				24	27	M
	60	2				30	33	N
	70	2				54	57	O
	80	2				77	80	Z
27	30	3				0	3	I
	35	3				4	8	J
	40	3				14	18	L
	45	3				23	27	M
	50	3				31	35	N
	55	3				39	43	O
	60	3				56	60	O
	70	3				83	87	Z
30	25	4				0	4	H
	30	3				3	7	J
	35	3				15	19	L
	40	3				26	30	M
	45	3				36	40	N
	50	3				47	51	O
	55	3				65	69	Z
	60	3				81	85	Z
33	20	4				0	4	H
	25	3				3	7	I
	30	3				14	18	K
	35	3				27	31	M
	40	3				39	43	N
	45	3				50	54	O
	50	3				71	75	Z

^c No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O2 desde 9m

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
36	15	4				0	4	F
	20	3				2	6	H
	25	3				8	12	J
	30	3				24	28	L
	35	3				38	42	N
	40	3				51	55	O
	45	3				72	76	Z
39	10	5				0	5	E
	15	4				1	6	G
	20	4				4	9	I
	25	4				17	22	K
	30	4				34	39	M
	35	4				49	54	N
	40	4			3	67	75	Z
42	10	5				0	5	E
	15	4				2	7	H
	20	4				7	12	J
	25	4				26	31	L
	30	4				44	49	N
	35	4			4	59	68	O
45	5	5				0	5	C
	10	4				1	6	F
	15	4				3	8	H
	20	4				14	19	K
	25	4				35	40	M
	30	4			3	51	59	O
	35	4			11	72	88	Z
48	5	6				0	6	C
	10	5				1	7	F
	15	5				5	11	I
	20	5				22	28	L
	25	4			3	41	49	N
	30	4		1	8	60	74	O

* No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O2 desde 9m

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
51	5	6				0	6	D
	10	5				2	8	G
	15	5				7	13	J
	20	5			1	29	36	L
	25	4		1	6	46	58	N
54	5	6				0	6	D
	10	5				3	9	G
	15	5				11	17	J
	20	5			4	34	44	M
	25	5		4	7	54	71	O
57	5	7				0	7	D
	10	6				4	11	H
	15	6				17	24	K
	20	5		1	7	37	51	N
	25	5	2	6	9	67	90	Z

* No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O2 desde 9m

Notas:

- Las tablas están calculadas para una presión de 1 atm a nivel del punto de inmersión, si este punto estuviera a una altitud superior a 300m se deberían usar las tablas de altitud.
- La 1ª parada de descompresión comienza cuando se llega a la profundidad de la misma y termina cuando se abandona. Si hubiera paradas a profundidades menores, el tiempo de ascenso entre paradas estará comprendido en el tiempo que se especifica para la menos profunda.
- La última parada en el agua para todas las descompresiones será a 6 m de profundidad.
- Se recomienda no rebasar la velocidad de 24 m/min en el descenso

TABLA I - BUCEO CON AIRE (LÍMITES SIN DESCOMPRESIÓN)

Prof. Max. m	Lte. sin DECO min	GRUPOS DE INMERSIÓN SUCESIVA																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z		
3	--	57	101	158	245	426	*												
4,5	--	36	60	88	121	163	217	297	449	*									
6	--	26	43	61	82	106	133	165	205	256	330	461	*						
7,5	595	20	33	47	62	78	97	117	140	166	198	236	285	354	469	595			
9	371	17	27	38	50	62	76	91	107	125	145	167	193	223	260	307	371		
10,5	232	14	23	32	42	52	63	74	87	100	115	131	148	168	190	215	232		
12	163	12	20	27	36	44	53	63	73	84	95	108	121	135	151	163			
13,5	125	11	17	24	31	39	46	55	63	72	82	92	102	114	125				
15	92	9	15	21	28	34	41	48	56	63	71	80	89	92					
16,5	74	8	14	19	25	31	37	43	50	56	63	71	74						
18	60	7	12	17	22	28	33	39	45	51	57	60							
21	48	6	10	14	19	23	28	32	37	42	47	48							
24	39	5	9	12	16	20	24	28	32	36	39								
27	30	4	7	11	14	17	21	24	28	30									
30	25	4	6	9	12	15	18	21	25										
33	20	3	6	8	11	14	16	19	20										
36	15	3	5	7	10	12	15												
39	10	2	4	6	9	10													
42	10	2	4	6	8	10													
45	5	2	3	5															
48	5		3	5															
51	5			4	5														
54	5				4	5													
57	5				3	5													

MODO DE USO

- Para calcular el límite de tiempo sin descompresión, entrar en la columna de la izda. con la profundidad máxima de la inmersión. Si el valor no aparece, entrar con el inmediato superior. El valor que aparece en la columna inmediatamente a la derecha, "Límite sin descompresión", corresponde al máximo tiempo que se puede permanecer a dicha profundidad sin necesidad de realizar paradas de descompresión.
- Para determinar el grupo de inmersión sucesiva en inmersiones que no requieren descompresión, proceder como en el paso anterior, y continuar hacia la derecha hasta encontrar el valor correspondiente al tiempo de inmersión, o si no aparece el inmediato superior.
- Una vez encontrado el valor del tiempo, ascender por esa columna hasta la parte superior de la misma donde aparece la letra correspondiente al grupo de inmersión sucesiva

(Ejemplo): para una profundidad de 35 m. y un tiempo de inmersión de 14 min. entraremos con una profundidad de 36 m. La segunda columna nos indica que el tiempo máximo permitido antes de entrar en descompresión es de 15 min. Si ahora queremos encontrar el grupo de inmersión sucesiva nos desplazaremos hacia la derecha hasta encontrar el valor de 14 min. (tiempo de inmersión) o su inmediato superior. En nuestro caso el valor es de 15 min. Procederemos a continuación a ascender por esta columna encontrando la letra F en la parte superior, que es la que corresponde al grupo de inmersión sucesiva.

TABLA II - INTERVALO EN SUPERFICIE

GRUPO AL FINAL DEL INTERVALO EN SUPERFICIE																
GRUPO DE INMERSIÓN SUCESIVA AL INICIO DEL INTERVALO EN SUPERFICIE																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z	
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	
														0:10 0:52	Z►	
														0:10 0:52	O►	
														0:10 0:52	N►	
														0:10 0:52	M►	
														0:10 0:52	L►	
														0:10 0:52	K►	
														0:10 0:52	J►	
														0:10 0:52	I►	
														0:10 0:52	H►	
														0:10 0:52	G►	
														0:10 0:52	F►	
														0:10 0:52	E►	
														0:10 0:52	D►	
														0:10 0:55	C►	
														0:10 1:16	B►	
0:10	1:17	2:12	3:04	3:56	4:49	5:41	6:33	7:25	8:17	9:10	10:02	10:54	11:46	12:38	13:31	A►
2:20	3:36	4:31	5:23	6:15	7:08	8:00	8:52	9:44	10:36	11:29	12:21	13:13	14:05	14:58	15:50	



MODO DE USO

Para calcular el coeficiente después del intervalo en superficie, procederemos como sigue:

1 Entramos en la línea superior con la letra correspondiente al grupo de inmersión sucesiva de la inmersión anterior.

2 Descendemos por la columna de dicha letra hasta encontrar una pareja de valores tal que el tiempo del intervalo en superficie se encuentre entre dichos valores.

3 Seguidamente, nos desplazaremos hacia la derecha hasta encontrar la nueva letra en la última columna de la derecha. Esta letra corresponde al nuevo coeficiente después del intervalo en superficie.

(Ejemplo): si salimos de la primera inmersión con la letra L y permanecemos en superficie 3 h. 30 min., deberemos descender por la columna de la letra L hasta la pareja de valores 3:30 - 4:21 entre los cuales se encuentra nuestro intervalo en superficie (3:30). H continuación nos movemos a la derecha y acabamos encontrando la letra H que corresponde al nuevo coeficiente después del intervalo en superficie

↓

TABLA II - TIEMPOS DE NITRÓGENO RESIDUAL (minutos)																			
GRUPO AL FINAL DEL INTERVALO EN SUPERFICIE																			
PROFUNDIDAD DE LA INMERSIÓN SUCESIVA (metros)																			
Z►	57	54	51	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	16,5	15	13,5	12	10,5
Z►	26	28	30	32	34	37	40	44	48	54	61	70	83	101	114	131	154	188	245
O►	25	26	28	30	32	34	37	41	45	50	57	65	77	93	105	120	140	169	216
N►	23	25	26	28	30	32	35	38	42	47	52	60	71	86	96	109	127	152	191
M►	22	23	24	26	28	30	32	35	39	43	48	55	65	79	88	99	115	136	169
L►	20	21	22	24	26	27	30	32	36	40	44	51	59	72	80	90	104	122	149
K►	18	19	21	22	23	25	27	30	33	36	41	46	54	65	72	81	93	109	132
J►	17	18	19	20	21	23	25	27	30	33	37	42	49	58	65	73	83	97	116
I►	15	16	17	18	19	21	22	24	27	30	33	38	44	52	58	65	73	85	101
H►	14	14	15	16	17	19	20	22	24	26	29	33	39	46	51	57	64	74	88
G►	12	13	14	14	15	16	18	19	21	23	26	29	34	40	44	49	56	64	75
F►	11	11	12	13	13	14	15	17	18	20	22	25	29	35	38	42	48	55	64
E►	9	10	10	11	11	12	13	14	16	17	19	22	25	29	32	35	40	45	53
D►	8	8	8	9	9	10	11	12	13	14	16	18	20	24	26	29	32	37	43
C►	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	14	16	19	20	23	25	29	33
B►	5	5	5	5	6	6	6	7	8	8	9	10	12	14	15	17	18	21	24
A►	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	

MODO DE USO

Para calcular el tiempo de nitrógeno residual antes de comenzar la inmersión sucesiva, procederemos como sigue:

1 Entramos en la columna de la izquierda con la letra correspondiente al grupo de inmersión sucesiva de la tabla anterior (coeficiente después del intervalo en superficie de la tabla III).

2 Nos desplazamos hacia la derecha hasta situarnos debajo de la columna correspondiente al valor de la profundidad máxima de la inmersión sucesiva. Si el valor no aparece, tomaremos el **INMEDIATO INFERIOR**.

3 El numero correspondiente al cruce de la columna de la profundidad máxima y la línea del grupo de inmersión sucesiva nos indica el tiempo, en minutos, de nitrógeno residual que habrá que añadir al tiempo de la inmersión sucesiva.

(Ejemplo): si salimos del intervalo en superficie con la letra H y descendemos hasta 28 m. de profundidad en la inmersión sucesiva, entraremos en la tabla con la letra H(columna de la izquierda) y la profundidad de 27 m. (línea superior), que es la inmediata inferior a la profundidad máxima dado que el valor real no aparece en la tabla. Descendiendo por la columna de 27 m. y moviéndonos hacia la derecha por la línea de la letra H nos encontramos con el valor de 29, es decir, deberemos añadir 29 min. a la siguiente inmersión

TABLA IV		(I) PROFUNDIDAD TEÓRICA DE INMERSIONES EN ALTITUD									
Prof real de la inmersión		ALTITUD EN EL LUGAR DE LA INMERSIÓN (metros)									
		300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000
PROFUNDIDAD TEÓRICA DE LA INMERSIÓN											
3	3,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
4,5	4,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,5	7,5	7,5
6	6,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
7,5	7,5	9,0	9,0	9,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	12,0
9	9,0	10,5	10,5	10,5	12,0	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	13,5
10,5	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	15,0	18,0
12	12,0	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	16,5	16,5	18,0	18,0	18,0
13,5	13,5	15,0	16,5	16,5	16,5	18,0	18,0	21,0	21,0	21,0	21,0
15	15,0	16,5	18,0	18,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	24,0
16,5	16,5	18,0	21,0	21,0	21,0	21,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
18	18,0	21,0	21,0	21,0	24,0	24,0	24,0	27,0	27,0	27,0	27,0
19,5	19,5	21,0	24,0	24,0	24,0	27,0	27,0	27,0	30,0	30,0	30,0
21	21,0	24,0	24,0	27,0	27,0	27,0	30,0	30,0	30,0	33,0	33,0
22,5	22,5	27,0	27,0	27,0	30,0	30,0	30,0	33,0	33,0	33,0	33,0
24	24,0	27,0	27,0	30,0	30,0	30,0	33,0	33,0	36,0	36,0	36,0
25,5	25,5	30,0	30,0	30,0	33,0	33,0	36,0	36,0	36,0	36,0	39,0
27	27,0	30,0	33,0	33,0	33,0	36,0	36,0	39,0	39,0	39,0	42,0
28,5	28,5	33,0	33,0	33,0	36,0	36,0	39,0	39,0	42,0	42,0	42,0
30	30,0	33,0	36,0	36,0	39,0	39,0	39,0	42,0	42,0	42,0	45,0
31,5	31,5	36,0	36,0	39,0	39,0	42,0	42,0	45,0	45,0	45,0	48,0
33	33,0	36,0	39,0	39,0	42,0	42,0	45,0	45,0	48,0	48,0	48,0
34,5	34,5	39,0	39,0	42,0	42,0	45,0	45,0	48,0	51,0	51,0	51,0
36	36,0	39,0	42,0	42,0	45,0	45,0	48,0	51,0	51,0	51,0	54,0
37,5	37,5	42,0	42,0	45,0	48,0	48,0	51,0	51,0	54,0	54,0	57,0
39	39,0	42,0	45,0	48,0	48,0	51,0	51,0	54,0	57,0	57,0	57,0
40,5	40,5	45,0	48,0	48,0	51,0	51,0	54,0	57,0	57,0	57,0	60,0
42	42,0	48,0	48,0	51,0	51,0	54,0	57,0	57,0	60,0	63,0	
43,5	43,5	48,0	51,0	51,0	54,0	57,0	57,0	60,0	63,0		
45	48,0	51,0	51,0	54,0	57,0	57,0	60,0	63,0			
46,5	51,0	51,0	54,0	54,0	57,0	60,0	63,0				
48	51,0	54,0	54,0	57,0	60,0	60,0					
49,5	54,0	54,0	57,0	60,0	60,0						
51	54,0	57,0	57,0	60,0							
52,5	57,0	57,0	60,0								
54	57,0	60,0	63,0								

MODO DE USO

- Entrar en la tabla con la profundidad real de la inmersión o la inmediata mayor tabulada y con la altitud en el lugar de la inmersión o la inmediata mayor tabulada.
- En la intersección de ambas columnas se encuentra la profundidad teórica de la inmersión, por lo que deberá efectuarse la descompresión con la tabla I.

(Ejemplo): una inmersión a 27 metros de profundidad en una altitud de 1300 m. la profundidad teórica de la inmersión para el cálculo de la descompresión en la tabla I será de 33 metros

Tabla IV continua...

TABLA IV		(II) PROFUNDIDAD REAL DE LAS PARADAS DECO EN ALTITUD								
Prof. Teórica Paradas		ALTITUD EN EL LUGAR DE LA INMERSIÓN (metros)								
		300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	3000
6		5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,0
9		8,5	8,5	8,0	8,0	7,5	7,0	7,0	6,5	6,5
12		11,5	11,0	11,0	10,5	10,0	9,5	9,5	9,0	8,5
15		14,5	14,0	13,5	13,0	12,5	12,0	11,5	11,0	11,0
18		17,5	17,0	16,0	15,5	15,0	14,5	14,0	13,5	12,5

MODO DE USO

1 Entrar en la tabla con las profundidades de las paradas halladas en la tabla I y con la altitud en el lugar de la inmersión.

2 En las intersecciones de ambas columnas se encuentra la profundidad real a la que deben efectuarse dichas paradas.

(Ejemplo): inmersión a 27 m. y 45 minutos en 1300 m. de altitud, la profundidad teórica según la tabla IV (I) es 33m.. La tabla I indica parada de 50 min a 6 m. para una inmersión de 45 minutos. La tabla IV (II) determina que las paradas deben realizarse a 5m

TABLA V		Grupos de Inmersión Sucesiva correspondientes al ascenso inicial a altitud

ALTITUD		GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
(metros)	(pies)	
300	1000	A
600	2000	A
900	3000	B
1200	4000	C
1500	5000	D
1800	6000	E
2100	7000	F
2400	8000	G
2700	9000	H
3000	10000	I

El intervalo de tiempo transcurrido en altitud antes de realizar la inmersión, debe ser inferior a 12 horas. Si es mayor de 12 horas, el organismo se encontrará equilibrado a la nueva altitud y ya no hay que considerar el ascenso a altitud como una inmersión previa.

1. 1. Entre en la tabla con el valor exacto o el inmediato superior de:
 - a. La altitud en el lugar de la inmersión, en caso de ascenso a altitud desde el nivel del mar.
 - b. La diferencia de altitudes, en caso de encontrarse equilibrado en una altitud determinada y ascender a otra altitud mayor para bucear.
2. Lea horizontalmente hacia la derecha para determinar el grupo de inmersión sucesiva correspondiente al ascenso inicial a altitud.

TABLA VI

Intervalo en Superficie exigido antes de ascender a altitud después de bucear

	ft m	Aumento en altitud									
		1000 300	2000 600	3000 900	4000 1200	5000 1500	6000 1800	7000 2100	8000 2400	9000 2700	10000 3000
Grupo más alto en las últimas 24 horas	A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:42
	C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:48	6:23
	D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:45	5:24	9:59
	E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:37	4:39	8:18	12:54
	F	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:32	4:04	7:06	10:45	15:20
	G	0:00	0:00	0:00	0:00	1:19	3:38	6:10	9:13	12:52	17:27
	H	0:00	0:00	0:00	1:06	3:10	5:29	8:02	11:04	14:43	19:18
	I	0:00	0:00	0:56	2:45	4:50	7:09	9:41	12:44	16:22	20:58
	J	0:00	0:41	2:25	4:15	6:19	8:39	11:11	14:13	17:52	22:27
	K	0:30	2:03	3:47	5:37	7:41	10:00	12:33	15:35	19:14	23:49
	L	1:45	3:18	5:02	6:52	8:56	11:15	13:48	16:50	20:29	25:04
	M	2:54	4:28	6:12	8:01	10:06	12:25	14:57	18:00	21:38	26:14
	N	3:59	5:32	7:16	9:06	11:10	13:29	16:02	19:04	22:43	27:18
	O	4:59	6:33	8:17	10:06	12:11	14:30	17:02	20:05	23:43	28:19
	Z	5:56	7:29	9:13	11:03	13:07	15:26	17:59	21:01	24:40	29:15

Nota 1: Se toma el GR más alto de las últimas 24 horas

Nota 2: Solo para subir a altitudes de hasta 3000 metros

Nota 3: Se toma como presión en cabina 2400 metros

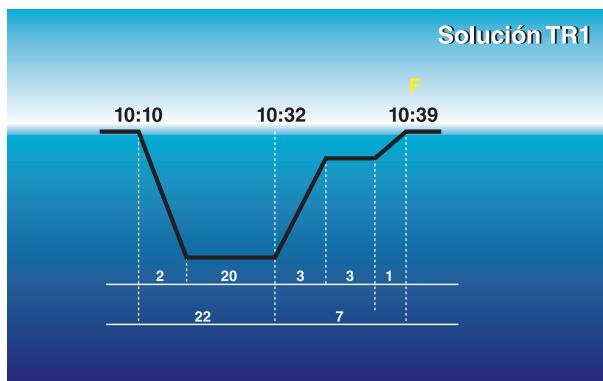
- Entre en la tabla con el grupo de inmersión sucesiva mayor obtenido durante las últimas 24 horas y con el aumento de altitud planeado exacto o inmediato superior. La intersección de ambas expresa el intervalo de tiempo exigido en superficie antes de ascender a altitud.
- La Tabla VI sólo puede utilizarse cuando la máxima altitud alcanzada sea igual o inferior a 3.000 metros. Para ascensos por encima de los 3.000 metros consulte al COMTECBA.
- Independientemente de la altitud real del vuelo, y aunque varía algo con el tipo de avión, en los aviones comerciales la presión de cabina se mantiene constante a un valor de 2.400 metros (8.000 pies). Para vuelos comerciales, utilice una altitud final de 2.400 metros para calcular el intervalo en superficie exigido antes de volar.
- Si el lugar de la inmersión está situado en una altitud superior o igual a 2.400 metros, no es necesario respetar un intervalo en superficie antes de tomar un vuelo comercial. En estos casos, volar supone un aumento de la presión atmosférica más que un descenso de la misma.
- Tras una inmersión He-O2 (no-saturación), antes de ascender a altitud se deben esperar: 12 horas si fue sin descompresión y 24 horas si fue con descompresión

PRESION EN DIFERENTES UNIDADES DE MEDIDA SEGÚN LA ALTITUD	ALTITUD		PRESION		
	(metros)	(pies)	mm Hg	atm	mlb
300	1000		733	0,965	978
600	2000		707	0,931	943
900	3000		682	0,898	910
1200	4000		658	0,866	877
1500	5000		634	0,834	846
1800	6000		611	0,804	815
2100	7000		589	0,775	785
2400	8000		567	0,746	756
2700	9000		546	0,719	728
3000	10,000		526	0,692	701

CÁLCULOS CON TABLAS APLICANDO LAS NORMAS DE SEGURIDAD Y LOS PROTOCOLOS DE EMERGENCIA

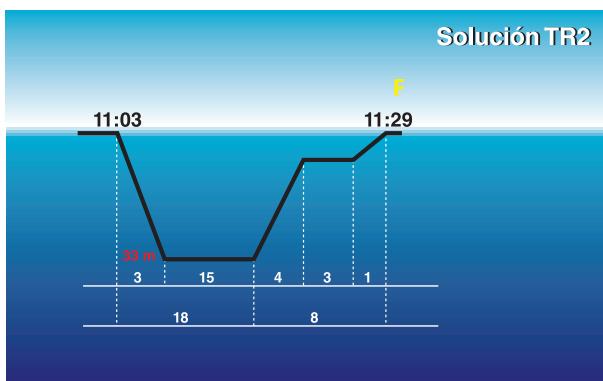
Problemas resueltos (TR)

- TR1.** Iniciamos una inmersión a las 10:10 horas, bajamos a 23 m y comenzamos la subida a las 10:32 horas. Hacer el gráfico y calcular paradas, coeficiente final, hora de salida y hora a la que puede volar.



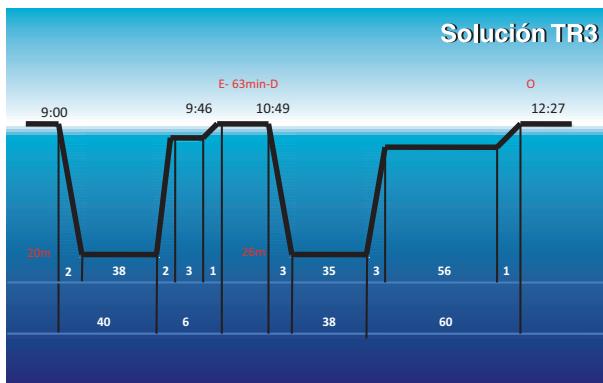
- El ascenso no se considera como tiempo de fondo.
- Redondeamos todos los tiempos a minutos.
- Se puede volar 12 horas después, a las 22:39 horas.

- TR2.** Iniciamos el descenso a las 11:03 horas, bajando a 33 m. Llegamos a superficie a las 11:29 horas. Hacer el perfil, determinar paradas y coeficiente de salida.



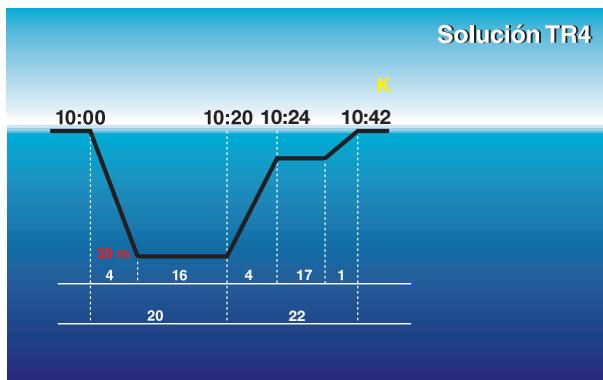
- Son 26 minutos de inmersión. El ascenso con parada de seguridad son 8 minutos. Luego en el fondo 26-8 = 18 min.

- TR3.** Un buceador entra a las 9:00 horas en el agua y baja a 20 m. Sale del agua a las 9:46 horas. Después de permanecer 1 hora y 3 minutos en superficie, realiza otra inmersión a 26 m saliendo a las 12:27 horas. Calcular: coeficientes, paradas de descompresión, hora en la que puede volar y todas las demás variables completando el gráfico.



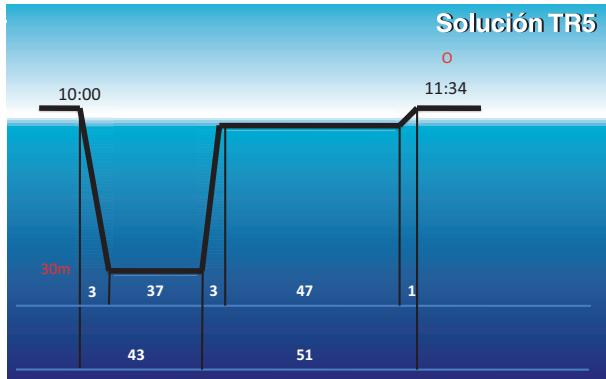
- Primera inmersión: Tiempo total 46 min. Ascenso sin DECO 6 min. Tiempo en el fondo 40 min no se supera TL y coeficiente de salida E.
- Segunda inmersión: Tiempo total 98, TNR = 18 min. tiempo total en tablas tiene que ser mayor de 116 min. Buscamos en las filas de los 26 m y encontramos la fila de 60 de fondo y 56 de ascenso, su suma 116. Nos sobran 4 minutos luego en el fondo sólo hemos estado $60 - 18 - 4 = 38$ min.
- Sería más correcto realizar la inmersión más profunda primero.

- TR4.** Un buceador planifica una inmersión a 39 m. Se sumerge a las 10:00 horas y comienza el ascenso a las 10:20 horas llega a la primera parada de descompresión a las 10:24 horas. Indica el perfil de la inmersión, paradas y coeficiente final.



- Se ha tardado un minuto más en subir y hay que añadírselo al tiempo en el fondo. Se calcula el ascenso de una inmersión a 39 m y 21 minutos de fondo.

TR5. Iniciamos el descenso a las 10:00 horas a una profundidad de 30 m. A los 43 minutos llegamos a la parada prevista de 3 m y decidimos aplicar una corrección por la temperatura fría del agua. Indica el perfil de la inmersión, paradas, coeficiente final y hora de salida del agua.



- Al hacer de nuevo el cálculo hay que tomar 30 m y 50 min por tablas lo que supone una parada a 6 m de 47 min.

Problemas sin resolver (T)

T1. Realizamos una inmersión a 19 m e iniciamos el ascenso 35 minutos después. Indicar el perfil de la inmersión, paradas y coeficiente final.

T2. Nos sumergimos a 44 m a las 11:10 horas. Llegamos a superficie a las 11:43 horas. Hacer el gráfico, paradas y coeficiente final.

T3. Un buceador inicia una inmersión a las 12:20 horas bajando a una profundidad de 28 m. Deja el fondo a las 13:05 horas. ¿Cuál será la hora de salida? ¿A qué hora podrá sumergirse de nuevo a 30 m y permanecer 15 minutos sin tener que hacer descompresión? Representar el gráfico con todos los datos que falten.

T4. Realizamos una inmersión a 37 m durante 26 minutos. Tres horas después realizamos otra a 19 m sin hacer descompresión, saliendo del agua a las 12:24 horas. Hacer el gráfico indicando todos los datos, coeficientes y hora inicial de entrada de la primera inmersión.

T5. Nos sumergimos a las 09:00 horas a 39 m y comenzamos el ascenso a las 09:25 horas. Llegamos a la primera parada de descompresión a 6 m a las 09:29 horas. Indica el perfil de la inmersión, paradas y coeficiente final.

T6. Iniciamos el descenso a las 10:00 horas a una profundidad de 21 m. A los 62 minutos llegamos a la parada prevista de 6 m y decidimos aplicar una corrección por la temperatura fría del agua. Indica el perfil de la inmersión, paradas, coeficiente final y hora de salida del agua.

T7. Nos sumergimos a las 10:00 horas y bajamos a 37 m iniciando el ascenso 38 minutos después. Cuatro horas y media más tarde nos sumergimos a 42 m y estamos 15 minutos. Hacer el gráfico indicando todos los datos y coeficientes.

T8. Un buceador planifica una inmersión a 39 m. Se sumerge a las 11:00 horas y comienza el ascenso a las 11:30 horas, llegando a la primera parada de descompresión a las 11:33. Indica el perfil de la inmersión, paradas y coeficiente final.

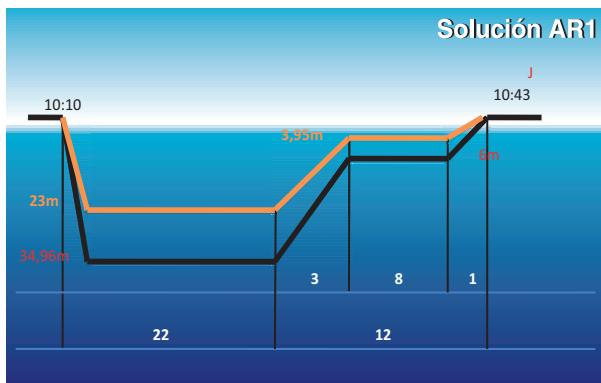
T9. Realizamos una inmersión a 37 m durante 26 minutos. Tres horas después realizamos otra a 19 m sin hacer descompresión, saliendo del agua a las 12:24 horas. Hacer el gráfico indicando todos los datos, coeficientes y hora inicial de entrada de la primera inmersión.

T10. Un buceador efectúa una inmersión a 16 m con una permanencia de 40 minutos. A los 8 minutos de salir a superficie vuelve a sumergirse a 23 m estando en el fondo hasta las 12:55 horas y saliendo a las 13:22 horas. Calcular la hora de entrada de la primera inmersión y todos los datos que faltan haciendo el gráfico.

CÁLCULO CON TABLAS DEL PLAN DE ASCENSO EN ALTITUD

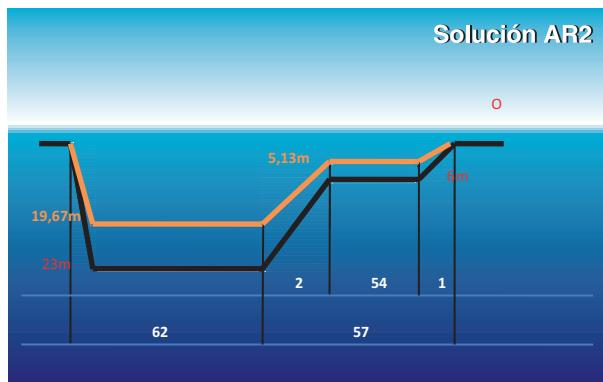
Problemas resueltos (AR)

AR1. Estando en un pantano donde la presión es de 500 mmHg iniciamos una inmersión a las 10:10 horas bajando a 23 m y comenzamos la subida a las 10:32 horas. Calcular la profundidad teórica. Hacer el gráfico representando paradas, coeficiente final y hora de salida.



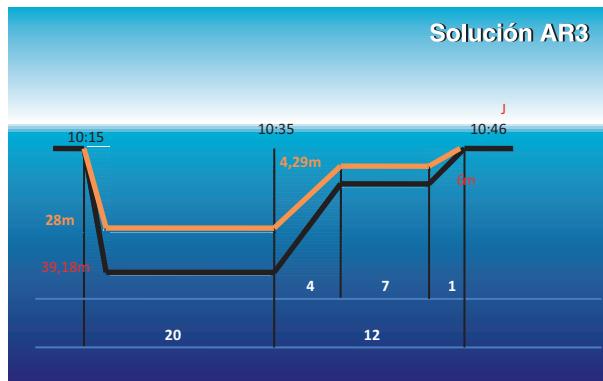
- Profundidad teórica en el mar:
 $PTM = 23 \times 760 / 500 = 34,96 \text{ m}$, tomamos en las tablas 36 m.
- Profundidad de parada en el lago equivalente a 6 m en el mar:
 $PPL = 6 \times 500 / 760 = 3,95 \text{ m}$.
- Velocidad de ascenso: $V = 9 \times 500 / 760 = 5,92 \text{ m/min}$.

AR2. Realizamos una inmersión en un lago donde la presión atmosférica es de 650 mmHg. Buceamos durante 62 minutos a una profundidad de 23 m según nuestro profundímetro capilar (de columna de agua). Calcular la profundidad real y la descompresión.



- El profundímetro de columna de agua indica la profundidad equivalente en el mar.
- Profundidad real del lago:
 $PRL = 23 \times 650 / 760 = 19,67 \text{ m}$.
- Profundidad de parada en el lago equivalente a 6 m en el mar:
 $PPL = 6 \times 650 / 760 = 5,13 \text{ m}$.
- Velocidad de ascenso: $V = 9 \times 650 / 760 = 7,70 \text{ m/min.}$

AR3. Efectuamos una inmersión en un lago de alta montaña donde la presión atmosférica es de 543 mmHg. Nuestro profundímetro de membrana indica una profundidad máxima de 25 m Nos sumergimos a las 10:15 horas y abandonamos el fondo a las 10:35. Indicar la profundidad real y ficticia de la inmersión, cotas y tiempos de las paradas, velocidad y tiempo de ascenso, hora de salida y hora en la que podremos tomar una avioneta para regresar.



- El profundímetro de membrana indica que existe una presión absoluta equivalente a la que hay a 25 m en el mar, es decir, de 3,5 atm.

- En el lago hay una presión atmosférica de $543/760 = 0,71$ atm. Luego la presión hidrostática será $3,5 - 0,71 = 2,8$ atm que es la equivalente a 28 m de agua que es la profundidad real en el lago. $PTM = 28 \times 760 / 543 = 39,18$ m tomamos en las tablas 42 m.
- Profundidad de parada en el lago equivalente a 6 m en el mar: $PPL = 6 \times 543 / 760 = 4,29$ m. (profundidad real no de profundímetro)
- Velocidad de ascenso: $V = 9 \times 543 / 760 = 6,43$ m/min.
- Hora de vuelo: 14:13 horas.

AR4. Si nuestro profundímetro de membrana tiene “puesta a cero” y la utilizamos cuando estamos en un lago a 1000 m de altitud, ¿qué profundidad real y de tablas tendremos cuando el profundímetro marque 35 m?

- Presión en el lago:
 $P = 760 \times e^{-1000/8000}$
 $P = 760 \times 0,882 = 670,32$
- Al poner a cero el profundímetro de membrana éste marca la profundidad real en el lago y, por tanto, la profundidad teórica en el mar será:
 $PTM = 35 \times 760 / 670,32 = 39,68$ m.

Problemas sin resolver (A)

A1. En un lago donde la presión atmosférica es 550 mmHg efectuamos una inmersión que leída en nuestro profundímetro de membrana es de 30 m. Permanecemos en el fondo 25 minutos. Hacer el gráfico de la inmersión expresando la profundidad real y la teórica, paradas y tiempos de descompresión. ¿A qué hora saldremos si entramos a las 11:10 horas?

A2. Realizamos una inmersión en un lago donde la presión atmosférica es de 650 mmHg. Buceamos durante 72 minutos a una profundidad de 23 m según nuestro profundímetro capilar. Calcular la profundidad real y la descompresión.

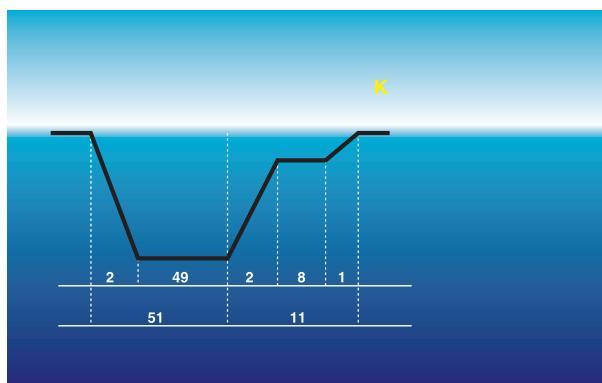
A3. En un lago de alta montaña donde hay 603 mmHg. de presión atmosférica queremos hacer una inmersión a 30 m de profundidad real, saliendo de dicha inmersión con coeficiente N. Determinar: profundidad teórica, tiempo de permanencia en el fondo, cotas teóricas y reales de descompresión. ¿A qué hora podemos tomar el avión si iniciamos dicha inmersión a las 10:00 horas?

A4. Efectuamos una inmersión a 25 m por espacio de 35 minutos en un lago de montaña donde la presión atmosférica es de 603 mmHg. Determinar: profundidades teóricas de la inmersión y cotas de descompresión, así como los tiempos.

CÁLCULO DE CONSUMOS

Problemas resueltos (CR)

CR1. ¿A qué presión mínima debemos tener cargado el equipo de 20 litros para realizar una inmersión a 20 m por espacio de 51 minutos y que al final de la inmersión todavía nos queden 20 atm de presión? Hacer el gráfico, consumo en superficie de 20 l./min. Tiempo de bajada 2 minutos.



- *Bajada:* $((1+3)/2) \times 20 \times 2 = 80 \text{ l.}$
- *Fondo:* $3 \times 20 \times 49 = 2.940 \text{ l.}$
- *Subida:* $((3+1,3)/2) \times 20 \times 2 = 86 \text{ l.}$
- *Parada:* $1,3 \times 20 \times 8 = 208 \text{ l.}$
- *Subida:* $(13+1)/2 \times 20 \times 1 = 23 \text{ l.}$
- *TOTAL:* $80 + 2.940 + 86 + 208 + 23 = 3.337 \text{ l.}$
- *Sobrante:* $20 \times 20 = 400 \text{ l.}$
- *Aire total del equipo:* 3.737 l.
- *PRESIÓN DEL EQUIPO:* $3.737 / 20 = 186,85 \text{ atm.}$

Problemas sin resolver (C)

C1. Un buceador dispone de una botella de 16 litros cargada a 200 atm. Si su consumo en superficie es de 19 l/min y baja a 20 m ¿Cuánto tiempo permanecerá a esa profundidad si comienza su ascenso cuando su manómetro marca 50 atm? ¿Cuál es la presión final de la botella? Tomar la velocidad de descenso de 10 m/min.

C2. Iniciamos una inmersión a las 10:20 horas a una profundidad de 21 m. Salimos del agua exactamente a las 12:07 horas, después de haber realizado la correspondiente descompresión. Hemos consumido 3.994,9 litros. Hacer el gráfico y calcular el consumo en superficie si hemos tardado 2 minutos en la bajada.

C3. Realizamos una inmersión a 30 m en un lago donde la presión atmosférica es de 670 mm Hg. Iniciamos el ascenso 50 minutos después y habiendo tardado 3 minutos en bajar. Hacer el gráfico, calcular las profundidades reales de la descompresión y el consumo total de aire si en el mar era de 20 l/min.

REPASO DE PROBLEMAS VARIADOS

Problemas resueltos (VR)

VR1. Con una bibotella de 2×10 litros cargada a 200 atm transvasamos, a otra de 12 litros que está a sólo 100 atm ¿A qué presión final quedará esta última?

- *Litros finales de aire a 1 atm:*

$$\text{Bibotella: } 2 \times 10 \times 200 = 4.000 \text{ l.}$$

$$\text{Monobotella: } 100 \times 12 = 1.200 \text{ l.}$$

$$\text{Total: } 4.000 + 1.200 = 5.200 \text{ l.}$$

- *Después siguen los mismos litros totales y se igualan las presiones (P) al unirse las botellas. Entonces:*

$$(2 \times 10 \times P) + (12 \times P) = 5.200 \text{ l.; } 32 \times P = 5.200 \text{ l.}$$

$$P = 162,5 \text{ atm.}$$

VR2. A una determinada profundidad respiramos una mezcla de gases con las siguientes presiones parciales 1,975 atm de nitrógeno, 0,512 atm de oxígeno y 0,013 atm de CO₂. ¿A qué profundidad estamos?

- *La suma de las presiones parciales es:*

$$1,975 + 0,512 + 0,013 = 2,5 \text{ atm de presión absoluta, luego } 15 \text{ m.}$$

VR3. Un globo hinchable y suficientemente elástico a 20 m de profundidad ocupa un volumen de 18 litros, estando a la temperatura de 21 grados. ¿Qué volumen tendrá en la superficie si allí la temperatura es de 25 grados?

- $(P_1 \times V_1) / T_1 = (P_2 \times V_2) / T_2$

$$(3 \times 18) / (273+21) = (1 \times V) / (273+25)$$

$$V = 54,73 \text{ l.}$$

VR4. Disponemos de una batería de 6 botellas de aire de 30 litros cada una que están cargadas a 145 atm. Deseamos recargar tres monobotellas de 10 litros que están a 10, 50 y 70 atm respectivamente. Una vez recargadas, una después de otra y en ese orden, indicar: presión de cada botella y litros que permanecen en la batería.

- *Aire de la batería:* $6 \times 30 \times 145 = 26.100 \text{ l}$ *y en la 1^a botella:* $10 \times 10 = 100 \text{ l}$, total 26.200 l ,

$$26.200 = (P \times 6 \times 30) + (P \times 10); P = 137,89 \text{ atm.}$$

- *Quedan,* $137,89 \times 180 = 24.821 \text{ l}$ *y en la 2^a. botella:*

$$10 \times 50 = 500 \text{ l}, \text{ total } 25.321 \text{ l,}$$

$$25.321 = (P \times 6 \times 30) + (P \times 10); P = 133,27 \text{ atm.}$$

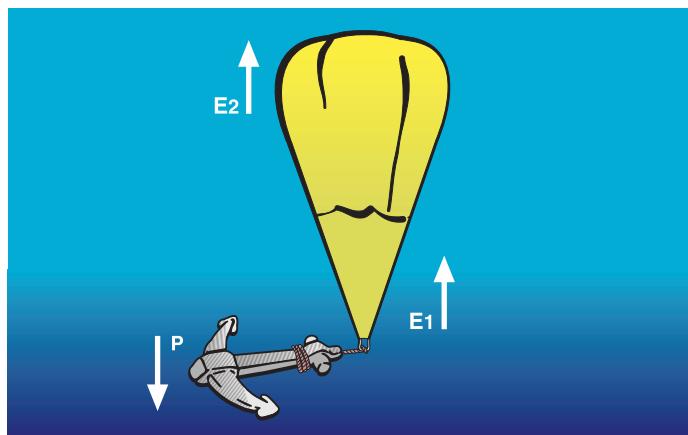
- *Quedan,* $133,27 \times 180 = 23.988,4 \text{ l}$ *y en la 3^a. botella:*

$$10 \times 70 = 700 \text{ l, total } 24.688,4 \text{ l,}$$

$$24.688,4 = 180 \times P + 10 \times P; P = 129,94 \text{ atm.}$$

- *Aire sobrante en la batería:* $129,94 \times 180 = 23.389 \text{ l.}$

- VR5.** Un escafandrista encuentra un ancla de plomo a 36 m de profundidad en la que se indica que tiene un peso de 23 kg. Para ascenderla utiliza un globo de un material de densidad $1\ 000 \text{ kg/m}^3$ y con su regulador le introduce 20 litros de aire. Para iniciar el ascenso le ayuda realizando una fuerza. ¿A qué profundidad podría dejar el globo de forma que sea capaz de subir solo? La densidad del plomo es de $11\ 340 \text{ kg/m}^3$ y la del agua $1\ 000 \text{ kg/m}^3$.



- 23 Kg es la masa del ancla (el peso es una fuerza que se calcula multiplicando la masa por el valor de la gravedad $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ y su unidad es el Newton), aplicando la definición de densidad:

$$\text{Densidad} = \text{Masa} / \text{Volumen};$$

y despejando:

$$\text{Volumen} = \text{Masa} / \text{Densidad}$$

$$V = 23 / 11\ 340 = 0,0020282 \text{ m}^3.$$

La masa del agua que ocupa el mismo volumen que el ancla será: ($m = \text{volumen} \times \text{densidad}$)

$$m = 0,0020282 \text{ m}^3 \times 1\ 000 \text{ kg/m}^3 = 2,0282 \text{ kg}.$$

El empuje E_1 que es una fuerza será:

$$E_1 = 2,0282 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Luego, el peso aparente del plomo (P_a) será:

$$\begin{aligned} P_a &= P - E_1 = 23 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 - 2,0282 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ &= 20,972 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Si se desprecia el peso del material con que está hecho el globo porque tiene la misma densidad que el agua, la fuerza que hace el globo E_2 , teniendo en cuenta que su volumen es $20 \text{ l} = 0,020 \text{ dm}^3$ y que $0,020 \text{ m}^3$ de agua tienen una masa de 20 kg, es

$$E_2 = 20 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Como el empuje del globo (E_2) es menor que el peso aparente (P_a) del ancla hay que ayudar al globo para que suba.

No habrá que ayudarle cuando E_2 sea igual al P_a , cuando se haya dilatado el globo y su volumen produzca el empuje necesario.

Es decir cuando su volumen sea el mismo que el de 20,972 kg de agua:

$$V = 20,972 \text{ kg} / 1\,000 \text{ kg/m}^3 = 0,0020972 \text{ m}^3.$$

Aplicando $P \times V$ (a 36 m) = $p \times v$ (a la profundidad del equilibrio) tenemos:

$$4,6 \text{ atm} \times 0,020 \text{ m}^3 = p \times 0,020972 \text{ m}^3.$$

$$p = (4,6 \times 0,020) / 0,020972 = 4,39 \text{ atm}.$$

Presión que corresponde a una profundidad de 33,9 m.

Problemas sin resolver (V)

V1. Con una bibotella de 2x10 litros cargada a 200 atm transvasamos aire a una monobotella de 12 litros que tiene una presión de 50 atm ¿A qué presión final quedará la monobotella?

V2. Un equipo de buceo al cargarlo a 200 atm se calentó hasta 40 grados. ¿Qué presión tendrá cuando se enfrie a la temperatura de 18 grados?

V3. Tenemos tres botellas, la nº 1 de 30 litros está cargada a 200 atm; la nº 2 es de 40 litros y está a 150 atm y la nº 3 es de 50 litros y está a 100 atm. Deseamos cargar una botella de 12 litros que está a sólo 40 atm. ¿Cómo lo realizaremos y en qué orden para que contenga la máxima presión posible utilizando las tres botellas grandes? ¿Cuál es la presión final alcanzada?

V4. Un buceador encuentra un ancla a 40 m cuyo peso real es de 25 Kg y su volumen de 0,015 m³. Para subirla dispone de un globo de un material de densidad 1 000 kg/m³ en el que se introducen 8 litros de aire. El ancla inicia su ascenso ayudada por el buceador. ¿A partir de qué profundidad podrá dejarla subir libremente?

V5. A determinada profundidad estamos respirando una mezcla con las siguientes presiones parciales: 0,5 atm de O₂, 2 atm de N₂ y 2,5 atm de He. Con esta mezcla ¿podríamos respirar en superficie? ¿Qué presiones parciales tendrá la mezcla a 80 m?

Capítulo 2

Inmersiones profundas las mezclas respiratorias

Al superar los 30 m, debido a la narcosis que se puede producir y al aumento de la velocidad con la que se disuelven los gases respirados en los tejidos del buceador, es necesario conocer las consecuencias posibles que tiene respirar una mezcla con una u otra composición.

Vamos a conocer

- 1. Por qué tenemos que hablar de intoxicaciones por respirar mezclas hiperbáricas.**
- 2. La Ley de Henry.**
- 3. La Ley de Dalton.**
- 4. Los factores que influyen.**

El aire limpio a la presión de una atmósfera no produce ninguna intoxicación. Pero si se respira aire contaminado con algún componente tóxico, depende de su concentración para que se empiecen o no a sentir los efectos y a manifestar sus síntomas. Para cada gas tóxico existe una concentración máxima admisible para que no haya peligro. Incluso suele haber una normativa en cada país que establece cuales son los valores críticos para el aire respirable.

Para el buceador que respira aire u otra mezcla de gases durante la inmersión, las cosas cambian y la intoxicación se produce con concentraciones menores. El aire o la mezcla respiratoria tienen que estar más limpios para que no sean nocivos. Incluso sucede que componentes del aire aparentemente nada tóxicos en la superficie como el oxígeno y el nitrógeno, se manifiestan como tales durante la inmersión.

La causa de este cambio en la sensibilidad tóxica del buceador, es el aumento de la presión externa que se produce al sumergirse ya que la cantidad de gas que se disuelve en su sangre y en sus tejidos no sólo depende de su concentración en la mezcla sino, también, de la presión externa.

Recordemos que esto ya lo sabíamos porque:

- 1.** Según la ley de Henry: los gases en contacto con los líquidos tienden a disolverse hasta alcanzar un grado de saturación en el cual la cantidad de gas disuelto es proporcional a su presión parcial. Así, por ejemplo, si duplicamos la presión parcial del nitrógeno éste se disolverá en la sangre hasta que su concentración allí sea el doble que la inicial.
- 2.** Recordemos también la ley de Dalton: la presión parcial es el producto de la concentración del gas en la mezcla (en tanto por uno) por la presión exterior. Por eso hay una relación entre el aumento de la sensibilidad a los gases tóxicos y la actividad del buceador: el aumento de la presión externa con la profundidad.

Resumiendo, el umbral tóxico de un gas a lo largo de una inmersión podemos establecerlo, no por su concentración en la mezcla respirable sino estableciendo una presión parcial límite que no se debe superar.

Si un buceador respira una mezcla de gases con un componente que es tóxico sólo podrá utilizar esa mezcla hasta alcanzar la profundidad corres-

pondiente a la presión parcial límite. Por consiguiente, existe un límite de profundidad, lo que se llama una profundidad operativa máxima POM, para cada mezcla que contenga un gas tóxico.

Si el buceador quiere descender por debajo de esa profundidad operativa máxima tendrá que cambiar a otra mezcla que se lo permita porque, por ejemplo, tenga una concentración menor de gas tóxico. Pero la nueva mezcla también tendrá su límite, su profundidad operativa máxima.

Volviendo a la ley de Henry podemos concluir que la cantidad de gas disuelto en un tejido en el estado de saturación depende también de cómo "se lleven" el gas y el tejido: de la solubilidad del gas en el tejido. Ese es el otro factor que influye en el grado de toxicidad además de la presión parcial.

Así, por ejemplo, el nitrógeno es más soluble en las grasas que en el agua. Si pusiéramos en contacto nitrógeno con un tejido adiposo o con sangre, comprobaríamos que después de saturarse el tejido adiposo contiene 5 veces más nitrógeno que la sangre. Si aumentase la presión externa al doble, por ejemplo, las cantidades de nitrógeno disueltas en el tejido adiposo y en la sangre al llegar de nuevo el estado de equilibrio serían también el doble pero seguiría habiendo cinco veces más nitrógeno en el tejido adiposo. Otra cosa es el tiempo que tardarían en llegar a ese equilibrio, al nuevo estado de saturación.

Esta afinidad entre el nitrógeno y las grasas es lo que explica que siendo el tejido adiposo en el organismo humano entre un 15% y un 25% de su peso total, hasta el 50% del nitrógeno que tiene disuelto el organismo esté allí concentrado.

Ya conocemos dos factores que influyen en la cantidad que podemos encontrar de un determinado gas disuelto en un tejido: su presión parcial y su solubilidad en el tejido, sin embargo, aún existe otro factor importante: el tiempo.

Desde que aumenta la presión externa hasta que el tejido se satura, el gas tiene que penetrar en él. Y esto lo puede "tener fácil o difícil".

Lo tiene fácil si el tejido está muy vascularizado y existe mucha perfusión, es decir, hay mucha superficie de contacto entre la sangre y el tejido. En este caso el gas puede disolverse rápidamente. Pero, por el contrario, si está poco vascularizado lo tendrá difícil y tardará mucho en saturarse como es el caso del tejido adiposo que a pesar de su gran avidez por el nitrógeno es lento para absorberlo o para desprenderse de él porque no tiene muchos vasos sanguíneos que se lo traigan y se lo lleven.

Por eso el tejido adiposo nos puede crear problemas de descompresión con el nitrógeno. Por un lado se carga mucho de nitrógeno durante la inmersión (por su avidez y porque pasa un periodo de tiempo relativamente largo cargándose) y no consigue desprenderse de él durante el ascenso (no puede eliminarlo ahora en un periodo de tiempo corto) prevaleciendo el estado de sobresaturación.

También influye el tiempo que tarda en difundirse a lo largo del tejido el gas. Aquí influyen factores como la composición, viscosidad y hasta el tamaño y la forma del tejido.

No debemos olvidar

1. La cantidad de gas tóxico que forma parte de la mezcla respiratoria disuelto en los tejidos de un buceador durante una inmersión dependerá de las presiones parciales a las que se exponga, del coeficiente de solubilidad del gas y de los tiempos de exposición. Por tanto, los límites que habrá que establecer para impedir la intoxicación por ese gas serán la profundidad y el tiempo de utilización.

TOXICIDAD DEL OXÍGENO

Vamos a conocer

- 1. Las propiedades del oxígeno.**
- 2. A qué se debe su acción tóxica.**
- 3. Qué es la hiperoxia.**
- 4. Diferencias entre la hiperoxia aguda y la crónica.**
- 5. Cómo calcular la profundidad límite.**

OXÍGENO	
Símbolo	O
Serie Química	No metal
Apariencia	Incoloro, inodoro e insípido
Molécula	Diatómica

Es el gas que utilizan todos los organismos aerobios en las mitocondrias de sus células para llevar a cabo el mecanismo de la respiración que sirve para la obtención de la energía celular.

Aunque es poco soluble en agua (aproximadamente un 3% en volumen a temperatura ambiente), es suficiente para permitir la vida de los animales y plantas submarinas aerobios que viven allí.

A temperaturas ordinarias el oxígeno molecular no es muy activo pero a temperaturas moderadas o elevadas reacciona con gran facilidad. Muchos elementos y compuestos que reaccionan a baja temperatura con él lo hacen vigorosamente a temperaturas más elevadas. Reacciona con todos los elementos menos con los gases nobles formando óxidos y forma parte de los ácidos, hidróxidos, hidratos de carbono, proteínas y grasas de los seres vivos.

Su principal característica química es la participación en las reacciones de combustión aunque él no arde (comportándose como comburente) y en las reacciones de oxidación y reducción.

Los compuestos que combustionan (combustibles) son los que contienen carbono C e hidrógeno H. Para iniciar una combustión se debe calentar el sistema hasta su temperatura de ignición, que es la temperatura a la que la combustión iniciada se mantiene por sí misma. Siempre se produce agua y CO₂ como productos y se libera energía en forma de calor y luz.

Los organismos aerobios que utilizan el oxígeno en la respiración tienen que neutralizar esa hiperactividad química del oxígeno que podría convertir a las células en un sistema totalmente descontrolado. Lo hacen mediante enzimas que destruyen los radicales libres de oxígeno que son las formas más activas y por tanto tóxicas.

El mecanismo de transmisión del oxígeno en la sangre mediante la hemoglobina es un sistema que, precisamente, mantiene bloqueado al oxígeno durante su transporte a los tejidos impidiéndole reaccionar con otros compuestos.

Los organismos aerobios atmosféricos están preparados para soportar una cantidad de oxígeno disuelto en sus tejidos. Esa cantidad es la que produce la suficiente tensión de oxígeno en el tejido para equilibrarse con la presión parcial de oxígeno en el aire respirado a una atmósfera y, por tanto, impedir que se disuelva más. Pero si la presión parcial de oxígeno aumenta y se produce una mayor disolución, los mecanismos enzimáticos serán insuficientes para controlar la concentración de oxígeno disuelto y entonces se convierte en un agente tóxico.

Primero fue Paul Bert quien describió las convulsiones que producía el oxígeno al ser respirado a altas presiones y desde entonces se le conoce como "efecto Paul Bert". Después, fue Lorrain-Smith quien describió en 1899 las lesiones pulmonares que la administración de oxígeno a una atmósfera de presión producía en animales. Dos manifestaciones de lo que se ha denominado hiperoxia: una sobre los pulmones, hiperoxia crónica, y otra sobre el sistema nervioso central SNC, hiperoxia aguda.

Después de analizar experiencias de permanencia en espacios confinados y en cápsulas espaciales se ha comprobado que si la P_p(O₂) no supera las 0,45 atm no aparece ninguno de los dos tipos de hiperoxia (recordemos que la P_p(O₂) respirando aire atmosférico es de 0,21 atm).

Para presiones superiores a las 0,45 atm pero con exposiciones muy largas pueden aparecer los síntomas de la hiperoxia crónica. Por ejemplo, respirando con una P_p(O₂) de una atmósfera pueden pasar hasta 14 horas sin que aparezcan los síntomas. Sin embargo, a las 5 horas ya podrían aparecer síntomas de hiperoxia aguda y si se respira a una P_p(O₂) de 1,5 atmósferas a las 2 horas.

La hiperoxia crónica se produce cuando las sustancias reactivas producidas por el oxígeno superan los mecanismos enzimáticos de control y afectan a las membranas de las células pulmonares, alteran su permeabilidad y dan lugar a síntomas como tos seca, dolor subesternal, bronquitis, dificultad respiratoria y edema pulmonar.

La hiperoxia aguda aparece cuando el "estrés oxidativo" se produce en el sistema nervioso central SNC. Las convulsiones pueden ir precedidas por

contracturas musculares localizadas alrededor de los ojos, frente y boca, descoordinación de los músculos de las manos y del diafragma. Esta fase tónica finaliza con la contractura generalizada del cuerpo. A continuación, se desata la fase clónica con convulsiones vigorosas de la cabeza, cuello, tronco y extremidades. Por último se llega a una fase de depresión y relajación muscular.

Independientemente de la gravedad de la crisis que se produce por una hiperoxia aguda, las consecuencias para un buceador pueden ser todavía más peligrosas por el medio en que se encuentra, existiendo un alto riesgo de ahogamiento o de sobrepresión pulmonar.

Existen factores, además del aumento de la presión parcial de oxígeno y del tiempo de exposición, que aparecen durante la inmersión como son el ejercicio, el frío y la acumulación de CO₂ y que aumentan la probabilidad de sufrir una hiperoxia aguda. Sin embargo, se ha comprobado que las exposiciones al oxígeno en cámaras hiperbáricas son menos peligrosas.

Vamos a realizar unos cálculos para comprobar que respirando aire a las profundidades en que se realiza el buceo deportivo no existe ninguna probabilidad de que se produzca la hiperoxia.

Si tomamos como presión parcial límite de oxígeno 1,4 atm y calculamos a qué profundidad se alcanza, aplicando la ley de Dalton: donde la concentración en tanto por uno de oxígeno en el aire es 0,21, sustituimos y despejamos, la Pabs=1,4/0,21=6,67 atm.

¿Dónde hay una presión de 6,67 atm?... pues a 56,7 m que es una profundidad que supera los 40 m que como máximo se recomienda en el buceo deportivo.

Si la mezcla que vamos a respirar la enriquecemos con oxígeno, alcanzando una concentración del 36% y repetimos el cálculo, y despejamos, la Pabs=1,4/0,36=3,89 atm que equivale a una profundidad de 28,9 m.

Esa profundidad si que está dentro del rango de profundidades del buceo deportivo y por eso para utilizar mezclas enriquecidas con oxígeno se necesita una formación especial: El curso de Nítrox. En ese curso se aprende a utilizar con seguridad las mezclas enriquecidas con oxígeno.

NARCOSIS DE LOS GASES INERTES

Vamos a conocer

1. *Qué es la narcosis y cuándo aparece.*
2. *Cuáles son los signos y síntomas.*
3. *El peligro que corre un buceador entre 30 m y 40 m.*
4. *Cuáles son los factores que parece que influyen.*
5. *Diferentes hipótesis sobre su mecanismo.*
6. *Cómo podríamos intentar reducir sus efectos.*

El término narcosis en el buceo se identifica con el conjunto de modificaciones en la conducta del buceador que se producen respirando aire con una presión superior a 4 atm, es decir, a más de 30 m de profundidad.

Aunque es un fenómeno reconocido en el mundo del buceo y descrito en todos los tratados de medicina subacuática está rodeado de una serie de interrogantes que producen un peligroso escepticismo en los buceadores. Muy peligroso para los buceadores B3E si no lo tienen en cuenta porque ellos, precisamente, pueden superar los 30 m de profundidad.

ALGUNOS GASES INERTES			
Nombre	Nitrógeno	Helio	Xenón
Símbolo	N	He	Xe
Serie química	No metal	Gas noble	Gas noble
Densidad	1,25 kg/m ³	0,1785 kg/m ³	5,9 kg/m ³
Apariencia	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Estado	Gas	Gas	Gas
Conductividad térmica	0,02598 W	0,152 W	0,00569 W

La primera interrogante es ¿por qué unas veces se produce y otras no? Existen factores como la condición física del buceador, su experiencia en el buceo o en inmersiones profundas, el frío, la velocidad de descenso, etc. que influyen y pueden retrasar o acelerar la aparición de sus síntomas. Por su número y porque no sabemos en qué medida influye cada uno de ellos es imposible en una situación concreta evaluar estos factores y predecir lo que ocurrirá.

La segunda interrogante son los propios síntomas. Como veremos, existe una gran variabilidad entre diferentes buceadores y no es fácil establecer un patrón de conducta claro que permita reconocerlos.

La tercera interrogante está en su origen. ¿Quién es el culpable de este tipo de intoxicación parecida a la intoxicación etílica? La mayoría de las sospechas recaen en el nitrógeno porque cuando se elimina de la mezcla respiratoria sustituyéndolo por helio desaparecen los efectos narcóticos. Aunque no desaparecen del todo y a grandes profundidades vuelven a aparecer.

Para establecer los signos y síntomas de la narcosis se ha experimentado desde hace muchos años provocando su aparición, en principio, con el aumento de la presión del aire respirado. Los resultados de las diferentes líneas de investigación no han sido totalmente idénticos pero si que han compartido algunas de las conclusiones que vamos a señalar:

1. Comienza a manifestarse a partir de los 30 m (respirando aire), es decir, a 4 atm de presión absoluta.
2. Se pueden producir:
 - a. Alteraciones del estado de ánimo y la afectividad, pasando una primera fase de euforia, actividad, imaginación y una posterior de depresión, inactividad y somnolencia. Algo parecido a lo que ocurre con la intoxicación etílica. Sin embargo, la intensidad y duración de las fases es muy diferente de unos individuos a otros.
 - b. Alteraciones de conciencia como actitudes autistas, inconsciencia del peligro, falta de respuesta ante indicaciones del compañero, amnesia o perdida parcial de la memoria inmediata, dificultades de atención, concentración y razonamiento.
 - c. Alteraciones de percepción con efectos de indiferenciación o distorsión de los estímulos visuales y auditivos.
 - d. Alteraciones motoras como disminución de destrezas, reducción de movimientos, entumecimientos, etc.
 - e. Alteraciones muy graves, que se producen a altas presiones y que consisten en alucinaciones severas e inconsciencia.
3. Los signos y síntomas van aumentando con la presión externa, no con el tiempo y desaparecen al reducirla, es decir, al disminuir la profundidad.

¿Cuál es el auténtico peligro para el buceador?

Un buceador que realiza inmersiones entre los 30 y 40 m respirando aire tiene que aprender a reconocer los síntomas de la narcosis; chequeándose su estado de ánimo, de conciencia, y de percepción durante la inmersión. Vigilándose y en la medida de lo posible vigilando a su compañero.

Al menor síntoma que descubra debe pararse, explicarle la situación a su compañero y ascender para ver si nota una mejoría. Lógicamente, si se ha podido dar cuenta de algo es porque la situación es todavía leve y, por tanto, los síntomas deben ser también leves, no podemos por eso desestimarlos. A lo mejor cuando sean mas graves ya no podemos ser conscientes de ellos.

Un buceador que realiza inmersiones entre los 30 y 40 m respirando aire debe ser consciente de que siempre, en mayor o menor medida, se va a ver afectado por la narcosis. Su rendimiento se va a reducir, razonará más lentamente, tendrá dificultades para realizar varias tareas simultáneas como revisar la profundidad, el gas que nos queda, aletear, mantener la flotabilidad correcta, vaciar las gafas de agua, controlar el tiempo, realizar el objetivo u objetivos previstos para la inmersión y el tiempo de reacción será mayor.

Si no ocurre ningún imprevisto ese estado leve de narcosis no tendrá consecuencias pero cualquier inconveniente como no encontrar el camino de vuelta, un excesivo consumo, la pérdida del compañero o el mal funcionamiento del inflador del chaleco pueden ponerle nervioso y desembocar

en una situación de estrés. Necesitará tranquilizarse para hacerse dueño de la situación y resolverla favorablemente; pararse, respirar y pensar para evitar el pánico.

¿Cómo percibimos este empeoramiento de nuestra capacidad de reacción? Depende de cada persona. Muchos no lo perciben en absoluto. Incluso dicen estar mejor que en superficie. Ése es uno de los síntomas. Si tienes menos frío que en cotas superficiales, si estás más alegre y descansando... ¡duda!, puedes estar en una situación de narcosis ligera. De cualquier forma es un mal síntoma, nos despista y nos confunde.

Otra forma de sentirlo es notar como una cierta lentitud mental, tener que pensar las cosas despacio y de una en una, como si se tuviera que explicar las cosas uno a sí mismo. Además, esta torpeza mental suele ir acompañada de percepciones sensoriales contradictorias como sentir flotabilidad negativa muy grande y realmente estar equilibrado; percibir una corriente muy fuerte y observar que el cabo del ancla no está apenas tendido y cae casi vertical, etc.

No debemos olvidar

- 1. A partir de los 30 m de profundidad debemos vigilar nuestro estado de narcosis y el de nuestro compañero. Cualquier signo que nos parezca indicar su presencia debemos considerarlo como tal y ascender con nuestro compañero para comprobar que desaparece.*
- 2. A partir de los 30 m de profundidad, aunque no reconozcamos signos evidentes de narcosis nuestro rendimiento y capacidad de respuesta va a estar mermado y ante cualquier incidente que ocurra es imprescindible que nos paremos, respiremos y pensemos, comprobando que mantenemos la calma y que estamos reaccionando correctamente.*

Factores que influyen en la narcosis

También experimentalmente se ha comprobado que además de la profundidad y la susceptibilidad del propio buceador influye:

- El estar en el mar o permanecer en seco en una cámara hiperbárica. En este último caso los efectos disminuyen.
- El permanecer en reposo o realizando una actividad física. En este último caso los efectos aparecen antes.
- La temperatura ambiente, cuanto más baja peor.
- La experiencia del buceador y su progresiva aclimatación realizando inmersiones de entrenamiento a profundidades progresivas reducen el grado de narcosis. Se ha confirmado que existe la posibilidad de adaptación a la narcosis por exposiciones repetidas.
- El descenso lento también reduce el grado de narcosis. No deja de ser una aclimatación al cambio de presión.

- f. El alcohol, algunos sedantes, las drogas, el cansancio o la mala condición física son factores acelerantes.

Hipótesis sobre sus causas

Para poder estar seguros del agente que causa la narcosis deberíamos conocer y haber comprobado el mecanismo mediante el que actúa.

Se ha descubierto que otros gases inertes como el helio, argón, xenón o el hidrógeno y el oxígeno tienen también poder narcótico.

Al respirar aire a mas de 4 atm estamos seguros que el agente que produce la narcosis es el nitrógeno, no sólo por que su alta concentración (79%) origina las presiones parciales más altas, sino porque cuando lo sustituimos por el helio desaparece el riesgo de narcosis. Sin embargo, no existe una hipótesis contrastada de cómo actúa.

Entre las hipótesis elaboradas para explicar los efectos narcóticos de los gases respirados a altas presiones parciales está la de Mayer-Oberton. En ella se explica los efectos narcóticos como la consecuencia de la interferencia que las moléculas gaseosas disueltas en los espacios sinápticos de las conexiones neuronales producen en la transmisión de los impulsos nerviosos, perjudicando su funcionamiento normal. Esta interferencia es más grande cuanto mayor sea la densidad de moléculas disueltas y mayor sea el tamaño molecular de las mismas.

Por tanto, según esta teoría el efecto narcótico debería de ser directamente proporcional a la presión parcial de gas, a la solubilidad del gas en el tejido sináptico y al tamaño de las moléculas. También se sospecha que la polaridad de las moléculas de los gases implicados puede provocar una agregación de moléculas de agua en torno a la misma, con lo que se aumenta su sección equivalente (hipótesis del "efecto iceberg").

Existen otras teorías, como la de Rostain J.C. y Balón N. (2006) que relaciona la elevada presión de nitrógeno con los procesos de neurotransmisión de proteínas. En definitiva, que el mecanismo es muy complejo y, hoy por hoy, no del todo conocido.

¿Cómo podríamos retrasarla o disminuir la intensidad de sus síntomas?

La primera medida podría ser sustituir el nitrógeno de la mezcla por otro gas inerte que tenga una capacidad narcótica menor, por ejemplo, por el helio, pero la complejidad técnica, su precio y dificultad de adquisición lo hacen poco asequible para utilizarlo en inmersiones entre 30 y 40 m.

Si sigue el nitrógeno en la mezcla entonces:

No debemos olvidar

1. Evitar el frío y el ejercicio físico intenso durante la inmersión. Mantenernos bien abrigados y ventilar bien los pulmones si tenemos que realizar un ejercicio intenso.

- 2. Aclimatarse a la profundidad.** Las primeras inmersiones que hagamos a más de 30 m debemos hacerlas gradualmente aumentando la profundidad poco a poco de una inmersión a otra. No debemos abordar una inmersión a más de 30 m si hace tiempo que no buceamos.
- 3. Realizar los descensos de la forma más lenta posible no superando los 20 m/min.**

TOXICIDAD DEL CO₂

Vamos a conocer

- 1. Las propiedades del dióxido de carbono.**
- 2. A qué se debe su acción tóxica.**
- 3. Qué es la hipercapnia.**
- 4. Qué consecuencias tiene.**
- 5. Cómo evitarla.**

El dióxido de carbono es 1,5 veces aproximadamente más denso que el aire. Es soluble en agua en una proporción de un 0,9 de volumen del gas por 1 volumen de agua a 20 °C.

El dióxido de carbono se produce por combustión u oxidación de materiales que contienen carbono y por la fermentación de azúcares. Por estas circunstancias es un producto de la respiración de todos los organismos aerobios.

La atmósfera contiene dióxido de carbono en cantidades variables, aunque normalmente es de 3 a 4 partes por 10 000, y aumenta un 0,4% al año.

Es utilizado por las plantas verdes en el proceso conocido como fotosíntesis, para sintetizar la materia orgánica.

Disuelto bajo una presión de 2 a 5 atmósferas, el dióxido de carbono produce la efervescencia de las bebidas gaseosas. No arde ni sufre combustión, por lo que se emplea en extintores de fuego.

El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco, se usa mucho como refrigerante. Su capacidad para enfriar es casi el doble que la del hielo del agua; sus ventajas son que no pasa a líquido sino que se convierte en un gas, produciendo una atmósfera inerte que reduce el crecimiento de las bacterias.

DIÓXIDO DE CARBONO	
Símbolo	CO ₂
Estado	Gas
Apariencia	Incoloro, inodoro y de sabor ácido

La intoxicación por inhalación

En el aire atmosférico se encuentra en proporciones muy pequeñas que van del 0,03% al 0,05% en volumen (de 300 a 500 partes por millón ppm). Sin embargo, en el aire espirado existe una concentración del 4% que corresponde a una tensión mmHg en la sangre arterial. Esta diferencia tan notoria es porque como hemos dicho el dióxido de carbono se está produciendo en todas las células del organismo.

La sangre que llega a los alveolos está sobresaturada de CO₂ y por eso se elimina el exceso de gas disuelto. Mucho tendríamos que contaminar el aire atmosférico o aumentar la presión externa (casi 100 veces) para que se invirtiera el proceso y se disolviera CO₂ en la sangre.

La normativa europea (directiva 91/332 CE) establece como valor máximo el 0,5% (5000 ppm) = 9,000 mg/m³ para un tiempo de exposición de 8 h. La concentración a partir de la cual juega un papel asfixiante (reduciendo la concentración del oxígeno) es del 2% y se considera mortal cuando es del 10-25%.

Los síntomas comienzan con hiperventilación y la sensación de respiración ineficaz e insuficiente luego puede aparecer dolor de cabeza, náuseas, vómitos y en los casos más graves vértigos, inconsciencia, convulsiones y coma. Para el sistema nervioso central (SNC) concentraciones altas son estimulantes y cuando son excesivas tiene efecto depresor.

Los peligros durante la inmersión

La situación crítica, el exceso de CO₂, se produce cuando la tensión en la sangre arterial supera los valores de 40 mm Hg, es lo que se denomina hipercapnia.

El origen más probable de la hipercapnia, como hemos visto, no va estar en el aire inhalado sino en el exhalado, en que no se consiga eliminar bien el CO₂ y se acumule. Es lo que se describe como RETENCIÓN DEL CO₂.

El mecanismo que regula la respiración, su frecuencia y profundidad, depende de la tensión de O₂, de la tensión de CO₂ y del pH de la sangre. En el bulbo raquídeo tenemos un centro sensible a estos parámetros. Funciona procurando que la diferencia entre los valores de la tensión de O₂ y de CO₂ se mantenga más o menos constante. Así un aumento de la tensión de O₂ debería ralentizar el ritmo respiratorio y un aumento de la tensión de CO₂ una aceleración para que se elimine.

Sin embargo, algunas personas a las que se identifica como "retenedoras de dióxido de carbono" ese mecanismo no les funciona, tienen una sensibilidad menor a la concentración de CO₂ y puedan mantener situaciones de hipercapnia sin que se acelere su respiración y se corrija.

También se ha comprobado que respirando mezclas con una concentración de oxígeno mayor del 21% se eleva la tensión de O₂ en la sangre arterial y esto puede llegar a reducir en un 25% los efectos del aumento de la tensión de CO₂. Todos los buceadores que respiran este tipo de mezclas se convierten un poco en retenedores de CO₂.

Hay que señalar las dos causas más importantes de la hipercapnia en el buceo con equipo autónomo:

- Un excesivo trabajo respiratorio. Que se debe a los esfuerzos de succión inspiratoria y espiración a través del regulador y al movimiento del gas por el sistema respiratorio. Aumenta con la densidad de la mezcla respiratoria, es decir, con la profundidad.
- Una mala ventilación pulmonar. Provocada por la realización de ejercicio físico bajo el agua o la retención de la respiración por parte del buceador para ahorrar gas. En ambos casos, si funciona el mecanismo de regulación de la respiración se inducirá una aceleración de la misma pero como la respiración con el regulador no es pasiva, si no se realiza ampliamente de manera voluntaria (pararse, respirar...) puede ser insuficiente y aumentar la hipercapnia debido al incremento del trabajo respiratorio.

Pero lo verdaderamente preocupante son las consecuencias de la hipercapnia. El exceso de CO₂ va a influir de manera negativa en dos situaciones que ya hemos analizado: la hiperoxia y la narcosis.

La hipercapnia disminuye la tolerancia a la hiperoxia. La presencia del CO₂ en el cerebro aumenta el flujo sanguíneo y por tanto distribuye el oxígeno de una manera más contundente sobre el SNC.

De igual manera aumenta la narcosis por nitrógeno. Se ha comprobado experimentalmente la relación que existe entre narcosis y ejercicio físico (donde se produce CO₂).

También favorece los accidentes de descompresión al dificultar con su presencia la eliminación del nitrógeno.

De esta forma el exceso de CO₂ se convierte en ese aditivo peligroso para la mayoría de las situaciones de peligro en el buceo.

TOXICIDAD DEL CO

Vamos a conocer

1. *Las propiedades del monóxido de carbono.*
2. *A qué se debe su acción tóxica.*
3. *Cómo evitarla.*

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico. Puede causar la muerte cuando se respira en concentraciones elevadas. Se produce cuando se queman combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Los compresores con motor de gasolina, las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua o calefacciones y los aparatos domésticos que

man combustible, también pueden producirlo si no están funcionando bien. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden.

Los mecanismos por los cuales el monóxido de carbono resulta tóxico para el organismo humano son los siguientes:

1. Tiene una gran afinidad por el grupo hemo de la hemoglobina (230 veces superior al oxígeno), formando una molécula específica, la caboxihemoglobina, disminuyendo la concentración de oxihemoglobina, y con ello, la difusión de oxígeno a los tejidos.
2. Por la misma razón, inhibe otras proteínas que contienen el grupo hemo que están en las mitocondrias, por lo que reduce la capacidad de la célula para producir energía.
3. Al bloquear la cadena respiratoria, genera moléculas con alto poder oxidante, que dañan proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. De hecho, los indicadores de lesión mitocondrial, son los mejores indicadores de toxicidad por CO.

% EN AIRE	EFFECTO
0,01 %	Exposición de varias horas sin efecto
0,04 - 0,05 %	Exposición una hora sin efectos
0,06 - 0,07 %	Efectos apreciables a la hora
0,12 - 0,15 %	Efectos peligrosos a la hora
0,4 %	Mortal a la hora

La intoxicación se ve influida por la presión parcial, el tiempo y la frecuencia respiratoria.

Las intoxicaciones leves con un 25% de caboxihemoglobina producen: cefaleas, vértigos y náuseas. Las intoxicaciones medias con un 50% de caboxihemoglobina producen alteraciones en la conciencia y las intoxicaciones muy graves con un 50-60% de caboxihemoglobina producen: coma, convulsiones e hipertermia.

El peligro para el buceador está en que se encuentre el monóxido de carbono en el aire o en la mezcla que contengan las botellas. El origen de esa contaminación puede ser la toma de aire del compresor. Si entran gases procedentes del escape del motor del compresor (si es de gasolina) o de otro motor próximo como, por ejemplo, el de una embarcación.

Es muy peligroso que el aire del equipo autónomo se contamine con CO porque la toxicidad del monóxido de carbono se incrementará al respirarlo a más de una atmósfera de presión. Por tanto, los cuidados y precauciones que se deben adoptar para evitarla deben ser muy estrictos.



Los filtros para cargar botellas
eliminan suciedad y partículas
pero no los gases tóxicos.

MEZCLAS RESPIRABLES EN EL BUCEO DEPORTIVO

Vamos a conocer

- 1. Qué mezclas de gases diferentes al aire podemos utilizar para bucear.**
- 2. Para qué tipo de inmersiones son idóneas cada una de estas mezclas.**
- 3. Cuáles son las ventajas e inconvenientes del uso de estas mezclas.**
- 4. ¿Por qué necesitamos una formación especial para utilizar estas mezclas?**

Cada día hay más centros de buceo que nos ofrecen facilidades para cargar nuestras botellas con otras mezclas de gases diferentes al aire y que pueden resultarnos muy útiles para poder realizar nuestras inmersiones de manera más segura.

También es notorio el aumento del número de buceadores deportivos que realizan un elevado numero de inmersiones sucesivas para aprovechar más y mejor sus vacaciones de buceo, cruceros de vida a bordo, estancias en destinos y mares exóticos, etc. Pues bien, para este tipo de buceo donde se pueden llegar a realizar tres, cuatro o más inmersiones sucesivas en cada jornada durante varios días consecutivos, la utilización de mezclas de gases enriquecidas con oxígeno nos proporciona un alto grado de seguridad.

Así mismo también ha aumentado de manera notable con la práctica del llamado buceo técnico la utilización de mezclas de fondo menos narcóticas y mezclas para la DECO que la hacen más cómoda y segura.

Además del aire hay tres tipos de mezclas respirables que pueden utilizarse en el buceo: Nítrox, Trímix y Héliox.

¿Qué es el Nítrox?

Se llama Nítrox a cualquier mezcla de oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂).

Entonces, el aire que respiramos en estos momentos y el aire con que llenábamos hasta ahora nuestras botellas para bucear... ¿también es Nítrox?

Exacto, porque es una mezcla con un 21% de oxígeno y un 79% de nitrógeno. Entonces, ¿qué tiene diferente el Nítrox del aire?...



Analizador del % de oxígeno de una mezcla.

Normalmente denominamos Nítrox a las mezclas que contienen un porcentaje de O₂ mayor del 21%; de esa forma lo distinguimos del aire.

A partir de ahora, cuando hablaremos de Nítrox nos estaremos refiriendo a mezclas de O₂ y N₂ enriquecidas en oxígeno y, por tanto, con menos nitrógeno que el aire.

Por ejemplo: podemos utilizar una mezcla con 38% de O₂ y 62% de N₂. A esta mezcla le llamaremos AEN38 que quiere decir Aire, Enriquecido, Nítrox, con 38% de Oxígeno (la denominación anglosajona sería EAN38).

Así pues, si nos dicen que vamos a bucear con un EAN30 quiere decir que la mezcla tendrá un 30% de O₂ y 70% de N₂. ¿Y si nos dicen que vamos a usar EAN21?... pues quiere decir que vamos a utilizar aire del “de toda la vida”.

Estos cambios en las concentraciones de los gases deparan ventajas e inconvenientes, ya que al disminuir la concentración de nitrógeno respecto al aire se obtienen ventajas respecto a la descompresión porque el nitrógeno es el responsable de la enfermedad descompresiva. Pero aumentamos el riesgo de sufrir una intoxicación aguda de oxígeno (hiperoxia).

¿Se puede utilizar cualquier proporción en la mezcla Nítrox?

La respuesta es: DEPENDE. Si quieras seguir utilizando una botella y un regulador normal, NUNCA SE DEBE SUPERAR EN LA MEZCLA EL 40% DE O₂.

Una proporción superior al 40% de O₂ en una botella y un regulador que no estén preparados especialmente para ello podría provocar una combustión espontánea o una explosión que pueden causar graves lesiones a quien lo manipula.

Todos los materiales que se pongan en contacto con una mezcla que contenga más de un 40% de oxígeno deben estar en “servicio de oxígeno”, es decir: que ni los materiales que los componen ni el polvo o suciedad que tengan puedan producir la deflagración con el oxígeno.

Además, la elección del % de oxígeno en la mezcla está relacionado con el riesgo de que se produzca una hiperoxia respirando esa mezcla. Para evitar la hiperoxia cada mezcla sólo puede ser utilizada hasta una profundidad máxima y un tiempo máximo.

El Nítrox en sus diferentes concentraciones de O₂ hasta un máximo del 40% ofrece grandes ventajas para inmersiones entre los 12 y los 40 m de profundidad, ya que la disminución del % de nitrógeno nos permite realizar un buceo más seguro, mayores tiempos de inmersión dentro de la curva de seguridad y menos saturación de nitrógeno; por lo tanto, ascensos más seguros.



Colección de juntas tóricas para ser usadas con más del 40% de oxígeno.

En el caso de inmersiones sucesivas, acorta considerablemente los tiempos de eliminación del nitrógeno, en comparación con inmersiones similares con aire, reduciendo riesgos y aumentando el tiempo de inmersión sin deco.

Cuando se habla de Nítrox Descompresivo o Nítrox Técnico no se está hablando de otro tipo de mezcla sino de los procedimientos para utilizar mezclas en las descompresiones con concentraciones de O₂ por encima del 21% y hasta el 100%.

Las mezclas con más del 40 % de oxígeno no sólo exigen equipos en servicio de oxígeno sino que, además, tienen profundidades operativas máximas menores. Sin embargo, son mezclas ideales para realizar la descompresión porque favorecen la eliminación del nitrógeno. Por esta razón para el buceo con grandes descompresiones (por profundidad o tiempo) se utilizan estas mezclas (EAN 50, EAN80, 100% oxígeno) y en la especialidad de nítrox descompresivo o nítrox técnico FEDAS/CMAS se aprende su utilización.

¿Qué es el Trímix?

El Trímix es cualquier mezcla de gases compuesta por oxígeno, helio y nitrógeno. Las diferentes mezclas de Trímix se denominan según la diferente concentración de los gases que las componen.

Recordemos que utilizando aire como mezcla de fondo a los 56 m de profundidad se alcanza al valor de 1,4 atm de P_p (O₂) que, como ya sabemos, es el máximo valor al que debemos exponernos en el fondo para reducir, razonablemente, la probabilidad de sufrir la hiperoxia de las altas presiones (HAP) o intoxicación por O₂.

“Trímix Normóxico” a toda mezcla de oxígeno, helio y nitrógeno que sea respirable perfectamente en superficie y siempre con un % de O₂ superior al 18%.

Las mezclas de Trímix se identifican indicando el porcentaje de oxígeno que tiene, seguida del porcentaje de helio, la diferencia hasta 100 % corresponde al nitrógeno y no es necesario especificarla. De modo que “Tx 21/35”, es la mezcla que contiene 21% de oxígeno y 35% de helio, y el “Tx 18/45” será el Trímix que contenga 18% de oxígeno y 45 % de helio.

Al tener menos nitrógeno se obtienen ventajas respecto a la narcosis y si tiene menos oxígeno que el aire podemos descender a más de 56 m sin sufrir una hiperoxia. En el ejemplo anterior, respirando Trímix 18/45 podríamos descender hasta 66 m siendo la capacidad de narcosis equivalente a respirar aire a 32 m en esa profundidad.

Cuando la mezcla Trímix tiene una concentración de oxígeno menor del 18% no se puede respirar en superficie o a poca profundidad (se produciría hipoxia) y se denomina Trímix hipóxico.



Transvasador
para mezclar trimix.

A veces el Trímix recibe otros nombres como helitrox si lleva más de un 21% de oxígeno.

Existe otro límite que debemos tener en cuenta: Si superamos los 40 m de profundidad respirando aire, los efectos de la narcosis empiezan a aparecer casi siempre en mayor o menor medida. Incluso puede que aparezcan antes, a partir de los 30 m.

Lo ideal sería no superar los 40 m; sin embargo, en algunas ocasiones no elegimos nosotros la profundidad; elegimos, por ejemplo, explorar un pecio y, si ese pecio se encuentra a 52 m de profundidad, entonces, o nos olvidamos de él o nos preparamos para superar la barrera de los 40 m de la forma más segura.

Al ascender podremos utilizar EAN50 o una mezcla con más % de oxígeno, incluso el 100%, en las paradas de descompresión. Esto hará mucho más segura la subida y nuestras paradas de deco.

La mezcla de los tres gases que componen el Trímix, en adecuadas proporciones, lo convierte en un gas respirable y muy seguro para el buceo profundo.

Ya se sabe que en el buceo profundo con aire existe un mayor riesgo de sufrir una narcosis, hiperoxia y fatiga respiratoria. Pues bien, con el Trímix se pueden reducir estos tres riesgos.

Para ello se reduce la proporción de Nitrógeno y de Oxígeno a los niveles deseados. El resto se rellena con Helio que resulta inerte e inocuo para nuestro organismo.

Así, mediante el empleo de la mezcla de Trímix adecuada, se pueden eliminar o reducir los inconvenientes y peligros del buceo profundo con aire.

Algunas de las causas de esta mayor seguridad en el buceo con Trímix son las siguientes:

- Al controlar el porcentaje de oxígeno en la mezcla se puede reducir la PO₂ a menos de 1,4 atm con lo que disminuimos el riesgo de hiperoxia.
- Controlando el porcentaje de Nitrógeno en la mezcla se puede reducir la narcosis hasta un nivel aceptable que nosotros elijamos y que dependerá de la profundidad máxima a alcanzar.
- Al utilizar el Helio, que es un gas con muy baja densidad, las mezclas de Trímix tienen también baja densidad con lo que producen mucha menor fatiga respiratoria, que es un factor agravante o desencadenante de accidentes como la narcosis, la hiperoxia, la intoxicación por CO₂, estrés, etc.

Sin embargo, la presencia de helio en la mezcla respirada ni aumenta ni disminuye los tiempos de descompresión en relación a la sola presencia de nitrógeno; los hace diferentes.

¿Qué es el Héiox?

Es la mezcla de helio y oxígeno en diferentes porcentajes, muy poco utilizada en el buceo deportivo por el alto precio del helio.

Ventajas e inconvenientes de estas mezclas

Existen algunos inconvenientes y limitaciones para el uso de estas mezclas que debemos conocer, aunque son muchas más las ventajas y beneficios que nos aportan; en general serían...

Inconvenientes:

- El aumento de la proporción de O₂ en relación a la del aire se traduce en una reducción de la profundidad máxima a la que podemos acceder, ya que se alcanza antes la P_p de O₂ a la que puede aparecer la hiperoxia.
- La reducción de la proporción de O₂ en relación a la del aire puede producir hipoxia si se respira en superficie o a poca profundidad.
- Los cálculos de los tiempos límite y de las descompresiones deben realizarse de acuerdo con las composiciones de las mezclas.
- En el buceo técnico, la utilización de varias mezclas de gases durante una misma inmersión supone el manejo de gran cantidad de material adicional que exige que el buceador adquiera las habilidades necesarias para manipularlos correctamente.

Ventajas:

- La reducción de la concentración de N₂ en las mezclas respirables reduce la posibilidad de aparición de la narcosis.
- La reducción de la concentración de N₂ en las mezclas nítrox reduce el tiempo de la descompresión y el riesgo de sufrir una ED en inmersiones con descompresión.

Resulta muy útil desglosar las ventajas e inconvenientes de cada tipo de mezcla como puedes ver en el siguiente cuadro.

MEZCLA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
EAN (21-40)	Menos DECO	Profundidad limitada
EAN (40-100)	Menos tiempo de parada en la DECO	Profundidad limitada Más material y equipo
Trímix Normóxico	Menos narcosis	Profundidad limitada Más material y equipo Más DECO
Trímix Hipóxico	Menos narcosis a más profundidad	Profundidad limitada Más material y equipo Más DECO

Mezcla	Profundidad de trabajo	POM
EAN32	0-30 m	33 m
Helitrox 25/25	30-39 m	46 m
Helitrox 21/35	39-48 m	57 m
Trimix 18/45	51-60 m	66 m
Trimix 15/55	63-2 m	83 m
Trimix 12/60	75-90 m	106 m
Trimix 10/70	93-110 m	130 m
EAN50	21-9 m	21 m
O2	6-3 m	6 m

Podemos indicar mediante una tabla algunas de las mezclas mas utilizadas por su facilidad de obtención y ventajas, indicando la profundidad de trabajo y la POM.

Como es lógico, para poder utilizar estas mezclas de gases con seguridad en nuestras inmersiones es necesario disponer de la formación adecuada.

Es necesario saber calcular las mezclas adecuadas, saber analizarlas y etiquetar las botellas, calcular las descompresiones, saber moverse con todo ese equipo extra y saber utilizar las botellas de etapa y, por supuesto, conocer a fondo nuevas y distintas normas de seguridad con respecto al buceo convencional.

La FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ACTIVIDADES SUBACUÁTICAS, dentro de los planes de formación de buceadores deportivos de la ENBAD, cuenta con los cursos de las especialidades necesarias para poder utilizar este tipo de mezclas.

- Especialidad de Buceo con Nítrox, para aprovechar las ventajas de las mezclas EAN hasta el 40% y evitar sus inconvenientes.

- Especialidad de Nítrox Descompresivo o Nítrox Técnico, para aprovechar las ventajas de las mezclas EAN de más del 40% en las descompresiones, familiarizarse con la utilización de botellas de etapa, etc.
- Especialidad de Buceo con Trímix, normóxico e hipóxico, para calcular las mezclas adecuadas, saber analizarlas y etiquetar las botellas, calcular las descompresiones y conocer cómo se aplican las nuevas normas de seguridad.



La utilización de mezclas diferentes al aire exige una formación especial del buceador.

Al realizar los cursos de cada una de estas especialidades se obtiene la formación y los conocimientos necesarios para utilizar las distintas mezclas de gases que nos proporcionarán un buceo más seguro y asequible en inmersiones especiales o de riesgo.

CUESTIONES - CAPÍTULO 2

1. ¿Por qué la sensibilidad tóxica a un componente del aire aumenta con la profundidad?

2. ¿Qué es más determinante para rebasar el umbral de toxicidad: la concentración del agente oxidante o su toxicidad?

3. ¿Cuáles son los tres factores que condicionan la acción tóxica de un componente de la mezcla respiratoria?

4. ¿Qué es la profundidad operativa máxima?

5. ¿Cuáles son los límites que podemos establecer para evitar la acción tóxica de un componente de la mezcla respiratoria?

6. ¿Qué significa que el oxígeno actúe de comburente?

7. ¿Qué tres requisitos son necesarios para una combustión?

8. ¿Qué se produce siempre en una combustión?

9. ¿Qué órgano se ve afectado cuando hablamos de hiperoxia crónica?

10. ¿Qué sistema se ve afectado cuando hablamos de hiperoxia aguda?

11. ¿Quién es el agente tóxico en ambos casos?

12. ¿Qué tipo de hiperoxia es más grave y por qué?

13. ¿A qué profundidades tendríamos presiones parciales de oxígeno de 1,3, 1,4 y 1,6 atm respirando aire?

14. ¿Cuáles son los cuatro tipos de alteraciones que se pueden producir en una narcosis no muy grave?

15. ¿A partir de qué profundidad vigilaremos la aparición de los síntomas de narcosis?

16. ¿Por qué a partir de los 30 m de profundidad ante cualquier incidente debemos pararnos, respirar y pensar?

17. ¿Cómo podemos reducir los riesgos de que aparezca una narcosis en una inmersión profunda con aire?

18. ¿Cuál es la concentración de dióxido de carbono que se considera mortal cuando se inhala?

19. Señala dos causas importantes de la hipercapnia en el buceador.

20. ¿Qué les ocurre a las personas que son retenedoras de dióxido de carbono?

21. ¿Qué proporción de Nitrógeno tiene una mezcla EAN36?

22. ¿Cuál sería la $P_p(O_2)$ a 20 m respirando EAN32?

23. Una mezcla de EAN42 ¿qué exige respecto al regulador y la botella que se utilice con ella?

24. Una mezcla de EAN32 ¿qué exige respecto al regulador y la botella que se utilice con ella?

25. A 56 m ¿cuál es la $P_p(O_2)$ y qué tiene de especial?

26. ¿Qué gases componen una mezcla de Trímix 21/35 y cuál es su concentración?

27. ¿Cuáles son las $P_p(N_2)$ respirando aire a 22,8 m y Trímix 18/45 a 60 m? ¿Qué conclusión se deduce?

28. ¿Qué gases componen una mezcla de Helírox 21/35 y cuál es su composición?

29. Tenemos dos mezclas de Trímix: un 25/25 y un 15/55 ¿Cuál es el hipóxico?

30. ¿Cuál sería la principal ventaja de un EAN90 y para qué se utiliza?

31. Indica tres ventajas de las mezclas Trímix.

32. ¿Qué especialidad debe tener un B3E para bucear con un EAN36?

33. ¿Qué especialidad debe tener un B3E para realizar una inmersión a 35 m respirando aire y realizar un ascenso respirando oxígeno en la parada de 6 m?

Capítulo 3

Los materiales más seguros

Cuando las dificultades de una inmersión o la atención que debamos prestar a otros compañeros nos obliguen a ser más exigentes con nosotros mismos; también debemos serlo con el material que utilizemos.

Fundamentalmente con el regulador pero también con el compensador de flotabilidad, ya sea un jácket o una placa con alas y la distribución del resto de los instrumentos.

En este capítulo vamos a conocer algo más sobre las características de estos materiales para comprobar que utilizamos los más apropiados.

Vamos a conocer

1. *La función del regulador y en que condiciones la realiza.*
2. *Qué es caudal y que es esfuerzo.*
3. *Cómo funciona un regulador de dos etapas.*

A medida que descendemos en el seno del agua, la presión ambiente va aumentando a razón de aproximadamente 1 Kg/cm² por cada 10 m de profundidad. Por otro lado la musculatura de la caja torácica es capaz de bombear aire a nuestros pulmones venciendo sólo una mínima diferencia de presión entre nuestra boca y la ejercida por el medio sobre nuestros pulmones. Por tanto, cuando nos sumergimos en el agua necesitamos algún “invento” que nos suministre aire o la mezcla respiratoria que utilicemos, exactamente a la misma presión a la que se encuentra nuestro entorno.

Por otro lado este aire debe suministrarse en la cantidad (caudal) necesaria en cada situación de demanda (ritmo respiratorio variable y volumen ventilado por los pulmones en cada ciclo respiratorio), que depende de las características fisiológicas del individuo y la situación en que se encuentre (fatiga, estrés, temperatura,...).

Este caudal debe suministrarse, lógicamente, con el mínimo esfuerzo.

Por si todo esto fuera poco, nuestro depósito de aire: la botella, va variando su presión a medida que consumimos su contenido. El “invento” no debe acusar esa variación y mantener sus prestaciones durante toda la inmersión. El invento en cuestión se llama “regulador a demanda”, ya que el suministro de aire no es continuo sino que se produce cuando es solicitado por nuestra respiración.

Diferencia entre caudal y esfuerzo

Es importante antes de seguir adelante, aclarar conceptos como caudal y esfuerzo respiratorio, a menudo muy mal utilizados.

Cada vez que respiramos con un ritmo respiratorio determinado, nuestros pulmones ventilan el mismo volumen de aire, tanto si estamos en superficie como si estamos a 30 m de profundidad. Sin embargo, en superficie ese volumen de aire se encuentra a 1 atm de presión y a 30 m ese volumen de aire está a 4 atm. Es decir, estamos moviendo el mismo volumen de gas pero cuatro veces más denso. A nuestro regulador le estamos solicitando cuatro veces más caudal. Por tanto, el consumo será también cuatro veces mayor.

Otra cosa diferente es el esfuerzo (incremento de presión, negativa o positiva) que mis pulmones deben ejercer para mantener “abiertas las válvulas del regulador” y conseguir esa cantidad de aire. Este esfuerzo ha

de ser lo más pequeño posible y se mide en “milibares” (mbar) o lo que es equivalente: centímetros de columna de agua (cmc-H₂O). Será negativo durante la inhalación y positivo durante la exhalación. Como hemos dicho antes el aire lo respiramos más denso a medida que descendemos. Por tanto, cabría esperar que el esfuerzo necesario para respirar aumentase con la profundidad y así es. De hecho el esfuerzo necesario para exhalar el aire a través del regulador aumenta progresivamente con la profundidad. Sin embargo existen “trucos” de ingeniería como el efecto Venturi (que ya explicaremos) que hacen que, durante la inhalación, el regulador se pueda poner incluso más “suave”, si está bien diseñado. Mantener ese “efecto Venturi” controlado, sin que nos dé sobrepresión, a cualquier profundidad ya es otro cantar.

Pero no corramos y vayamos paso a paso. No hemos dicho en qué unidades se mide la cantidad de aire o caudal que solicitamos a un regulador. La unidad de medición son los litros/minuto.

Cuando en algunos catálogos o revistas veamos gráficas de trabajo o energía respiratoria (WOB) de los reguladores, observaremos que hablan de consumos medios de 20, 40, 62.5,... litros/min, en función del ritmo y volumen solicitados. Lógicamente un mismo valor representará mayor caudal cuanto mayor sea la profundidad a la que se ha realizado la gráfica (los litros serán más o menos densos según la presión y profundidad). Por tanto, para comparar gráficas de reguladores hay que verificar que “ritmo respiratorio x volumen” y “profundidad” son los mismos.

En cambio cuando se habla en algunos catálogos del caudal máximo de una primera o segunda etapa, este valor indica la cantidad máxima (caudal) de aire o mezcla respiratoria que ese elemento del equipo es capaz de dar pero medido en condiciones de superficie (1 atm.). Es un dato orientativo pero no tan determinante como la información que suministran las gráficas WOB, que son una simulación en el laboratorio del uso real.

Después de estas primeras explicaciones comprenderéis que cuando alguien después de ponerse el regulador en la boca afirma: “... este regulador da mucho aire”, se expresa mal. Lo único que se puede afirmar es que ese regulador, en superficie y con el poco caudal solicitado tiene un esfuerzo de inhalación bajo y un comportamiento agradable.

Para poder hacer esas afirmaciones hay que someter ese regulador a la profundidad de 50 ó 60 m, según norma EN250 o US NAVY standards, respectivamente, y solicitarle un caudal muy superior al de uso normal. Como es obvio para que esto sea objetivo, se deben realizar dichas



Conexión regulador INT. Para grifos aptos para esta conexión (joke). Presión máxima de trabajo 232 bar.



Conexiones regulador DIN 200 y 300. Para grifos con rosca DIN 200 y 300. Presión máxima de trabajo 200 y 300 bar.



pruebas con unos simuladores de respiración contenidos en cámaras hiperbáricas que reproducen las condiciones extremas de funcionamiento, obteniendo mediciones de esfuerzos y gráficas especiales. Las condiciones de prueba y la interpretación de los resultados fueron establecidos primero por la US NAVY y recogidas por la norma Europea EN250.

El procedimiento de las etapas

En buceo deportivo se utilizan botellas cargadas a 200 atm (en equipos terrestres como los de los bomberos, se utilizan botellas a 300 atm). El regulador nos va a reducir esa presión variable durante la inmersión a la presión ambiente.

Sería prácticamente imposible conseguir unas prestaciones constantes y con la sensibilidad requerida en una sola reducción de presión. Por ello esta reducción de presión se hace en dos etapas. Incluso los antiguos reguladores "bitráquea" eran, en su mayoría, de dos etapas (salvo algunas excepciones como el Mistral). En ellos las dos etapas estaban construidas en un mismo cuerpo metálico comunicadas por un taladro. En los actuales reguladores las dos etapas están separadas y unidas por un latiguillo flexible.

Podemos describir el proceso de la siguiente forma:

- 1.** El aire de la botella pasa a una cámara que llamaremos cámara de alta donde mantiene la misma presión que tenía en la botella.
- 2.** De allí, mediante el mecanismo de la primera etapa, una parte del aire pasa a una segunda cámara, cámara de baja, de manera que en ella su presión sea 10 atm más la presión ambiente (según profundidad).
- 3.** Por último, mediante el mecanismo de la segunda etapa, el aire pasa de la cámara de baja a la de presión ambiente donde como su nombre indica, la presión es la del ambiente y de donde podrá obtener el aire el buceador.

El mecanismo de la primera etapa se encuentra en el primer cuerpo del regulador, el que se conecta a la botella, y la segunda en cuerpo donde está la boquilla por donde se respira, por eso se utiliza frecuentemente el término de primera o segunda etapa para referirse a cada uno de los dos cuerpos del regulador.

El mecanismo de la primera etapa

El regulador se acopla al grifo de la botella poniendo en contacto la salida del grifo de la botella con la cámara de alta mediante el sistema de conexión INT o DIN. La conexión DIN puede ser DIN 200 o DIN 300 admitiendo cada una diferente presión máxima.

Como ya hemos visto, la cámara de alta es la zona que está en contacto permanente con la presión de la botella. La conexión exterior del manómetro comunica con esta cámara.

La misión de la primera etapa es reducir la presión variable de la botella a una presión constante de 10 atm por encima de la presión ambiente (observación importante). De forma esquemática consta de :

1º Una válvula de alta presión, que abre y cierra el paso entre la cámara de alta (en contacto directo con la presión variable de la botella) y la cámara de baja, que estará a 10 atm por encima de la presión ambiente y que llega por el latiguillo hasta la válvula de baja presión situada en la 2ª etapa del regulador.

2º Una membrana que se deforma o bien un pistón que se desplaza, empujando y abriendo la válvula de alta. Para facilitar la comprensión utilizaremos como ejemplo el mecanismo de membrana. Más adelante, cuando hablaremos de los diferentes tipos ya explicaremos con detalle los sistemas de pistón.

3º Un muelle que nos permite regular la presión de baja (LP). De fábrica y después de las revisiones que se le hagan a la regulador debe estar ajustado de forma que nos de las 10 atm mencionadas.

Para ver el funcionamiento de este mecanismo vamos a considerar tres momentos: antes de abrir el grifo, después y mientras que respiramos buceando.

A. Antes de abrir el grifo.

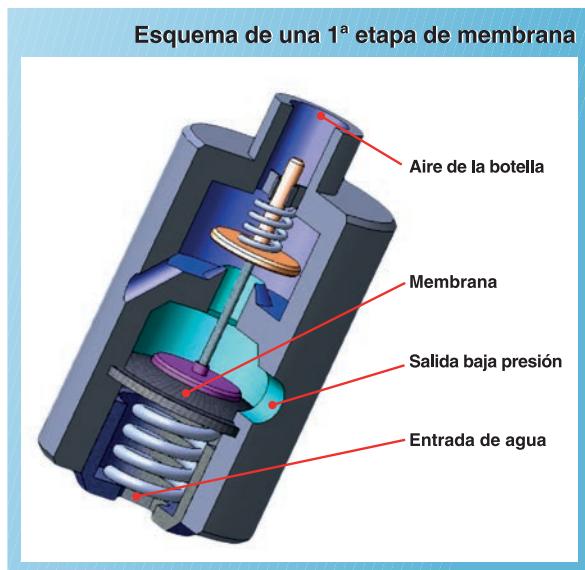
El muelle y la presión ambiente empujan y deforman la membrana que mantiene la válvula de alta abierta (todos los reguladores cuando no están conectados tienen la válvula de alta abierta). En estos momentos la válvula de baja (en la segunda etapa) está cerrada.

B. Abrimos el grifo.

El aire empieza a circular, la presión empieza a crecer pasando de la cámara de alta a la de baja a través de la válvula de alta. Esta presión comprime la membrana contra el muelle hasta que al llegar a 10 atm la membrana deja de empujar la válvula de alta, permitiendo a ésta cerrarse. En estos momentos ya no pasa más aire por la válvula por lo que la presión de la cámara de baja se mantiene constante. El valor de 10 atm depende de lo fuerte o flojo que tengamos ajustado el muelle. Si durante el ajuste comprimimos más este muelle, necesitaremos acumular más presión hasta permitir que cierre la válvula y la presión de la cámara de baja será mayor.

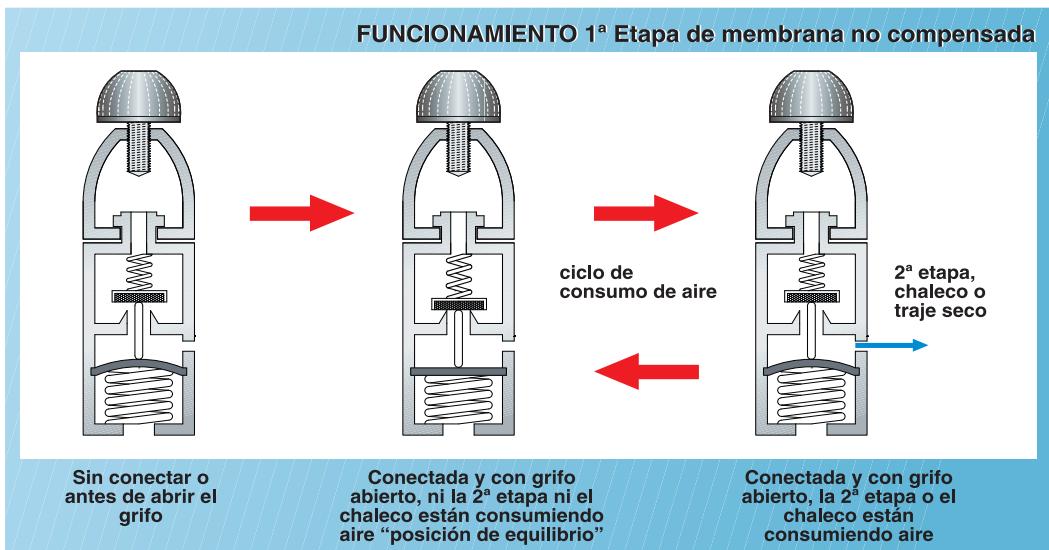
C. Durante el buceo.

A medida que consumimos aire, la presión en la cámara de baja deja de estar en equilibrio con la fuerza ejercida por el muelle y la presión ambiente transmitida por la membrana por lo que nuevamente el muelle empuja a la membrana que a su vez abre la válvula de alta, permitiendo el paso del aire de una cámara a otra hasta que se restablezca el equilibrio a 10 atm. Este ciclo se repite cada vez que respiramos o hinchamos el chaleco. RESUMIENDO: La 1ª etapa es una fuente de aire a una presión constante de 10 atm por encima de la



presión ambiente. Para que ello sea así es necesario que el agua penetre en la zona donde está el muelle. De esta forma la presión exterior del agua se suma a la fuerza del muelle.

La cámara de baja estará limitada por la válvula de alta y la membrana o pistón en cada caso. Esta cámara se extiende por los latiguillos de baja, es decir por el latiguillo de la segunda etapa hasta llegar a la válvula de baja, donde haremos la última reducción de presión.



Pero también puede llegar por el latiguillo del chaleco hasta la válvula del "Vest Feeder" o por otro latiguillo al traje seco.

Es decir, la cámara de baja es la zona del primer cuerpo del regulador y los latiguillos que se encuentran a la presión de 10 atm más la presión ambiente. Dicho de otra manera, sea cual sea la profundidad a la que nos encontramos, entre el interior y el exterior de esos latiguillos habrá siempre una diferencia de presión de 10 atm.

Pero, no olvidemos, que otra zona del regulador que se encuentra a la presión ambiente es la cámara del primer cuerpo del regulador donde se encuentra el muelle principal. Esta cámara está inundada por el agua del entorno tanto en los mecanismos de pistón como en los de membrana. Este es el secreto por el cual la presión de baja (LP) es siempre 10 atm + la presión ambiente (10 atm debidas a la fuerza a la que se ha ajustado el muelle + la presión del ambiente que empuja también a la membrana o pistón en cada caso).

Solamente se evita que el agua entre en esta zona montando un "Kit de aguas frías", es decir, llenando esta zona con grasa o aceite de silicona. Esta silicona fluida se encarga de transmitir la presión del exterior. En la actualidad la mayoría de "kits de aguas frías" han sustituido el aceite de silicona utilizado inicialmente por un "percutor rígido" encerrado por una segunda membrana en una cámara seca.

Algún fabricante ajusta la cámara de baja de sus reguladores a 12 atm pero lo normal es que ésta esté entre 9 y 10 atm.

Ahora ya podemos entender que las conexiones que salen de la primera etapa son de dos tipos :

- a. De **alta presión**, comunicada a través de un taladro con la cámara de alta.
 - Está marcada con las letras “**HP**” (High Pressure).
 - Tipo de rosca: SAE 7/16”.
 - Número mínimo de conexiones : 1
 - Accesarios a conectar: Manómetro de alta o transductor de computador de buceo con control del aire.
- b. De **baja presión**, comunicada con la cámara de baja.
 - Normalmente sin marcas u ocasionalmente con las letras “**LP**” (Low Pressure).
 - Tipo de rosca SAE 3/8”.
 - Número mínimo de conexiones: 3.
 - Accesarios a conectar: Latiguillo de la 2^a etapa principal, latiguillo de la 2^a etapa auxiliar (Octopus), latiguillo del chaleco y latiguillo del traje seco.

En las salidas de baja presión (SAE 3/8”) también se puede conectar el “manómetro de baja presión”. Este instrumento es utilizado solamente por los fabricantes y los servicios técnicos durante la operación de ajuste y calibrado de la primera etapa. En esta operación se controla el valor y la oscilación de la presión reducida de baja.

En ciertas primeras etapas, alguna o la totalidad de las conexiones de baja presión están situadas en una torreta giratoria, que facilita la orientación de los accesorios conectados o incluso puede reducir la tensión que el latiguillo del regulador principal transmite a la boca del buceador.

Como podemos comprobar, el tipo de rosca utilizado para las conexiones de alta y baja presión son diferentes. El motivo es obvio: evitar la conexión accidental de un accesorio de baja presión a una toma de alta presión.

El mecanismo de la segunda etapa

Para facilitar la comprensión nos centraremos en el tipo de segunda etapa denominado “Down Stream”, que además constituye la mayoría de modelos existentes en el mercado.

La misión de la segunda etapa es reducir la presión de baja (LP) de 10 atm más presión ambiente a la presión ambiente, dándonos más o menos aire en función del caudal solicitado.

De forma muy esquemática consta de :

- 1º VÁLVULA DE BAJA.** Esta válvula cierra, empujada por un muelle, el paso del aire proveniente del latiguillo. Se denomina del tipo Down Stream cuando está situada como en el esquema: en el lado de menor presión, por debajo de la corriente de aire, de ahí su nombre. Este tipo de válvula, como se puede apreciar en el esquema, abriría automáticamente en caso de que la primera etapa suministrase una presión por encima de la deseada. Por tanto, actúa también como válvula de seguridad.
- 2º MEMBRANA DE DEPRESIÓN.** Membrana de silicona muy delgada, con

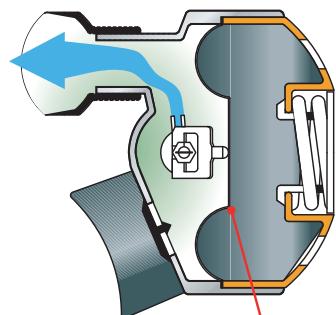
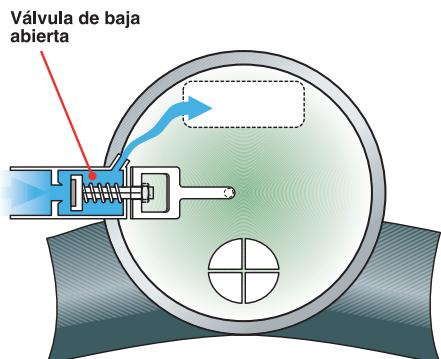
un disco en el centro (de metal o plástico) que se apoya sobre la palanca.

3º PALANCA. Horquilla de Inox, que al bascular, tira del eje de la válvula, abriendo el paso del aire.

4º MEMBRANA DE EXHALACIÓN. Membrana de silicona que actúa de válvula antirretorno. Se abre al exterior cuando exhalamos y se cierra contra el cuerpo de la segunda etapa cuando inhalamos, impidiendo la entrada del agua durante esta operación.

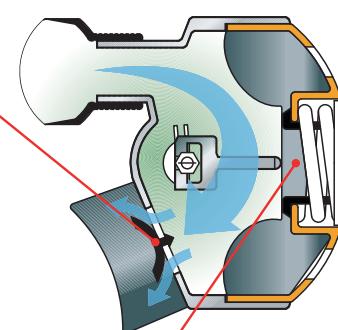
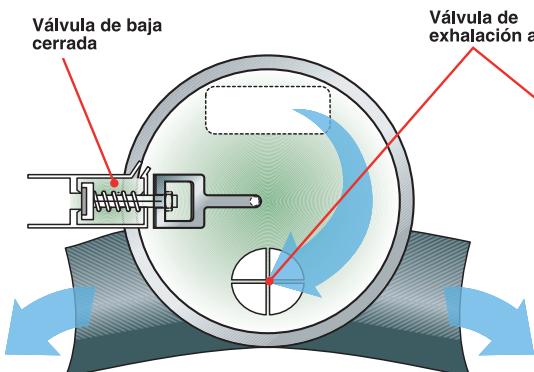
La cámara de presión ambiente como su nombre indica, es la zona del regulador donde la presión ya está totalmente reducida al valor de la presión del entorno. Es el espacio dentro del segundo cuerpo del regulador limitado por su carcasa, la membrana de depresión, la membrana de exhalación, la válvula de baja y la boquilla del regulador.

2ª Etapa de regulador (fase de inhalación)



La membrana empuja la palanca que al bascular abre la válvula

2ª Etapa de regulador (fase de exhalación)



La membrana vuelve a su posición

Cuando inhalamos a través del regulador producimos una diferencia de presión sobre la membrana de depresión que es empujada desde el exterior por el agua que entra por los orificios de la tapa de la 2^a etapa.

En su movimiento la membrana hace bascular la palanca que, por su otro extremo tira de la válvula de baja venciendo la fuerza del muelle. Así se abre el paso del aire que llena nuestra boca y los pulmones.

Cuando la presión en nuestros pulmones sea igual a la presión ambiente, la membrana estará en equilibrio con la presión exterior. En ese momento la palanca y la válvula han vuelto a su punto de reposo cerrando el paso del aire.

Al solicitar más o menos caudal, los desplazamientos de la válvula serán mayores o menores respectivamente, antes de llegar al punto de equilibrio.

El desplazamiento máximo de la válvula de baja limitará el caudal máximo que es capaz de dar el regulador.

La exhalación del aire por parte del buceador produce un aumento de la presión en la cámara de presión ambiente que se resuelve al abrirse la membrana de exhalación hacia el exterior y salir el aire. Si en el retorno está membrana no ocupa correctamente su posición, no cerrará bien y se inundará de agua la cámara de presión ambiente.

No debemos olvidar

1. *Todos los latiguillos de los reguladores menos el del manómetro se encuentran a 10 atm más de presión que su exterior.*
2. *El muelle de la primera etapa, tanto en el caso de un mecanismo de membrana como de pistón, tiene que estar en una cámara a la presión ambiente.*
3. *Si al inspirar el aire entra agua en la boca es por culpa de alguna grieta en la boquilla o en la membrana de depresión, o bien, porque la membrana de exhalación no ocupa su sitio.*

OTROS TIPOS DE PRIMERA ETAPA

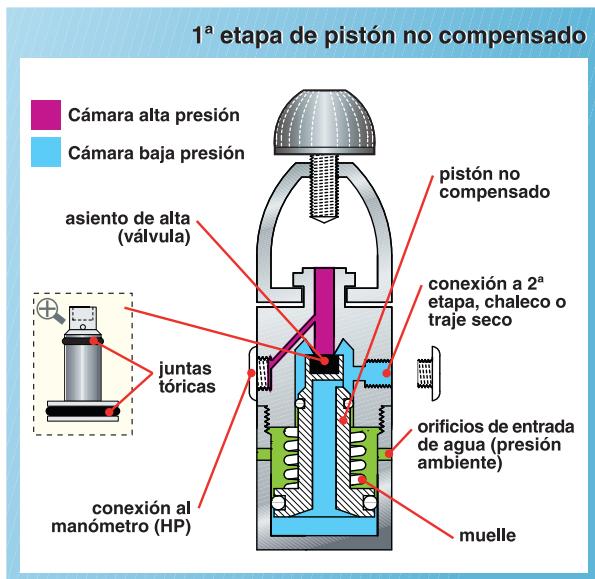
Vamos a conocer

1. *Cómo funcionan las etapas de pistón.*
2. *Los problemas que presentan.*
3. *Cómo funcionan las etapas de membrana compensada y pistón compensado.*
4. *Ventajas e inconvenientes de los diferentes tipos de primera etapa.*

Para explicar en general el funcionamiento de la primera etapa de un regulador nos hemos basado en el modelo de membrana no compensada,

ahora vamos a describir el resto de los modelos que también son frecuentemente utilizados por los fabricantes.

Modelos de pistón no compensado



En este tipo de mecanismo, el pistón que tiene una forma parecida a una seta, integra en una misma pieza el equivalente a la válvula y el equivalente a la membrana del mecanismo anterior.

Componentes principales:

1º PISTÓN. Es una pieza cilíndrica con dos diámetros claramente diferenciados. El de mayor diámetro es la parte que cumple las funciones de "membrana", desplazándose en lugar de deformarse) y sobre la que actúa la presión media reducida para vencer la fuerza del muelle y la presión exterior ambiente. El diámetro menor aloja, en su extremo opuesto, el asiento de válvula de alta, encargado de cerrar el paso del aire procedente de la botella. Existe un taladro central y un pequeño orificio transversal que comunica las cámaras representadas en el esquema.

2º MUELLE. Este muelle ejerce una fuerza sobre el pistón que se suma a la presión ambiente del agua que lo rodea, desplazando el pistón y su asiento de válvula, del orificio de entrada del aire desde la botella. A medida que se acumule la presión reducida de baja en el otro lado del pistón, éste vencerá dichas fuerzas y, desplazándose, permitirá a su otro extremo (asiento de válvula) cerrar el paso del aire desde la botella.

Igual que hicimos en el modelo de membrana no compensada veamos su funcionamiento:

A. Antes de abrir el grifo.

Al igual que en los mecanismos de membrana, antes de conectar el regulador a la grifería y antes de abrir el mando de la misma, la válvula de alta se encuentra abierta ya que, en este caso, el muelle empuja el pistón separando su asiento de alta del orificio de entrada de aire dese la botella.

B. Al abrir el grifo.

El aire procedente de la botella empieza a circular por la primera cámara pasando a través del orificio transversal y el orificio longitudinal, hasta llegar al otro extremo del pistón. Allí, y a medida que incrementa el valor de su presión, va venciendo la fuerza que desde el

otro lado ejercen el muelle y el agua, desplazándose hasta conseguir que su asiento de válvula corte el paso del aire procedente de la botella. Cuanto mayor sea la fuerza ejercida por el muelle, mayor deberá ser la presión de baja (LP) acumulada antes de que se alcance el equilibrio y se cierre la válvula.

En las primeras etapas de pistón (sobre todo en los no compensados) no suele haber mecanismo de reglaje, que nos permita variar desde el exterior la tensión del muelle, por lo que la fuerza que éste ejerce, viene predeterminada de fábrica por las características del mismo y la compresión que sufre en su ubicación de montaje.

C. Durante el consumo de aire.

Cada vez que solicitamos aire desde la segunda etapa, chaleco o traje seco, romperemos el equilibrio de fuerzas, la presión de baja (LP) desciende y el muelle (y la presión ambiente del agua) empujan el pistón permitiendo a la válvula de alta (otro extremo del pistón) abrir el paso del aire desde la botella. Cuando la presión de baja (LP) alcance el valor de equilibrio (presión de baja determinada) el pistón y su válvula volverán a cerrar el paso del aire. Este ciclo se irá repitiendo durante toda la inmersión.

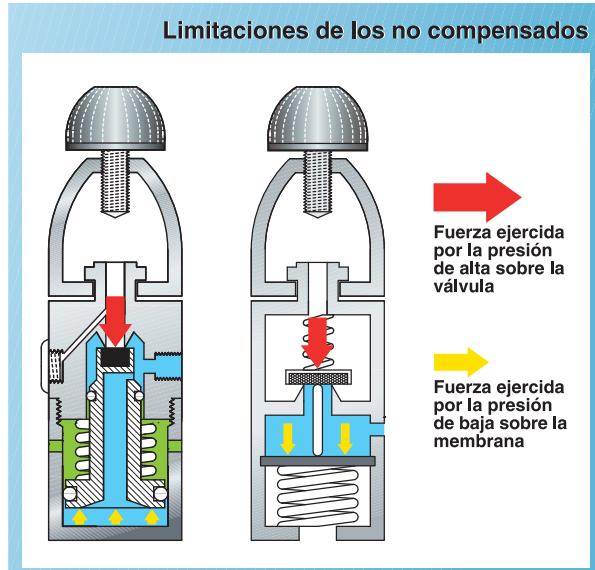
Las limitaciones de los sistemas no compensados

Volvamos al ejemplo del mecanismo de membrana.

Ya sabemos que cuando la válvula cierra, el mecanismo alcanza el punto de equilibrio. En este punto la presión de alta (HP) está ejerciendo una fuerza que empuja la válvula hacia el orificio de cierre. Por otro lado la presión de baja (LP) empuja la membrana permitiendo esta operación. Como podemos ver en el esquema siguiente, en los mecanismos de membrana estas dos fuerzas actúan en el mismo sentido.

Por tanto, cuanto mayor sea la presión de alta (HP) menos fuerza ha de ejercer la presión de baja (LP) para llegar al equilibrio. Dicho de otro modo, cuando la botella está totalmente cargada, el punto de equilibrio lo conseguimos con una presión de baja (LP) menor. Recordemos que el equilibrio es de fuerzas y la fuerza es igual a la presión por la superficie de la válvula.

A medida que consumimos aire de la botella y la presión de alta (HP) disminuye, la presión de baja (LP) debe ir aumentando para conseguir el equilibrio con la fuerza del muelle y la presión ambiente del agua. Es decir la presión de baja (LP), que suministramos a nuestra segunda etapa, va variando al variar la presión de la botella.



Por eso decimos que ese mecanismo de membrana es NO compensado.

La variación en este tipo de primeras etapas suele ir de 7,5 a 11 bar cuando la botella pasa de 200 atm a 50 atm.

Esto explica por qué un regulador con primera etapa de membrana NO COMPENSADA, si está mal ajustado, puede dar flujo continuo al final de la inmersión.

Pero, ¿qué ocurre con los mecanismos de pistón?

Las primeras etapas de pistón NO COMPENSADO también suministran una presión de baja (LP) variable en función de la presión existente en la botella (HP). Pero en este caso la variación se produce en sentido contrario al mecanismo de membrana. Es decir al inicio de la inmersión la primera etapa suministra a la segunda etapa un presión de baja (LP) mayor y va disminuyendo a medida que consumimos aire de la botella. Esto explica por qué los reguladores con primera etapa de pistón no compensado se van "endureciendo" a medida que consumimos el aire de la botella. Todo esto debe tenerse en cuenta a la hora de hacer los reglajes de los reguladores. La segunda etapa debe ajustarse para la presión LP máxima que nos suministrará la primera etapa si no queremos, en algún momento tener flujo continuo.

Pero volvamos a nuestra primera etapa de pistón y veamos por qué NO ESTÁ COMPENSADO

Como podemos apreciar en el esquema, cuando el pistón cierra y se alcanza el equilibrio, la presión de alta (HP) ejerce una fuerza sobre el asiento de válvula que intenta abrir el paso del aire. Esta fuerza se compensa por la acción en sentido contrario de la fuerza que la presión de baja (LP) ejerce sobre el pistón. Por lo tanto es obvio que cuanto mayor sea la presión en la botella, mayor presión de baja (LP) se tendrá que acumular para contrarrestarla. Dicho de otro modo, cuanto mayor sea la presión en la botella, mayor presión de baja (LP) suministrará la primera etapa a la segunda.

Nuevamente tenemos un mecanismo NO COMPENSADO, ya que la presión de baja (LP) depende de la presión variable de la botella (HP). A diferencia del mecanismo de membrana, la descompensación es en sentido contrario.

No debemos olvidar

- 1. En los mecanismos no compensados, ya sean de membrana o pistón, la presión de la cámara de baja depende de la presión de la botella.*
- 2. Por esta razón un regulador de membrana no compensada al final de la inmersión cuando en la botella quedan 50 bar puede quedarse en flujo constante (ver tabla a continuación).*
- 3. Y por esa misma razón un regulador de pistón no compensado puede ponerse en flujo constante al abrir el grifo o irse endureciendo según disminuye la presión de la botella.*

Diferencias en la presión de la cámara de baja al principio y al final de la inmersión

PRESIÓN EN LA BOTELLA	PRESIÓN CÁMARA DE BAJA MEMBRANA NO COMPENSADA	PRESIÓN CÁMARA DE BAJA PISTÓN NO COMPENSADA
200 bar	7,5 bar	11 bar
50 bar	11 bar	7,5 bar

Primeras etapas compensadas

Es evidente que nos interesa que la presión de baja (LP) que llega a la segunda etapa sea constante durante toda la inmersión, independientemente de la presión (HP) que va disminuyendo en la botella. Eso es precisamente lo que consiguen los mecanismos COMPENSADOS (de pistón y de membrana).

¿Pero cómo lo conseguimos?

Muy sencillo, hay que conseguir que el aire de la cámara de alta (HP), que tiene presión variable, no ejerza ninguna fuerza sobre la válvula de alta (sistema de membrana) o sobre el asiento de alta (sistema de pistón).

En realidad, lo que se consigue es que ese aire ejerza fuerzas de sentido contrario sobre dicha válvula y se anulen.

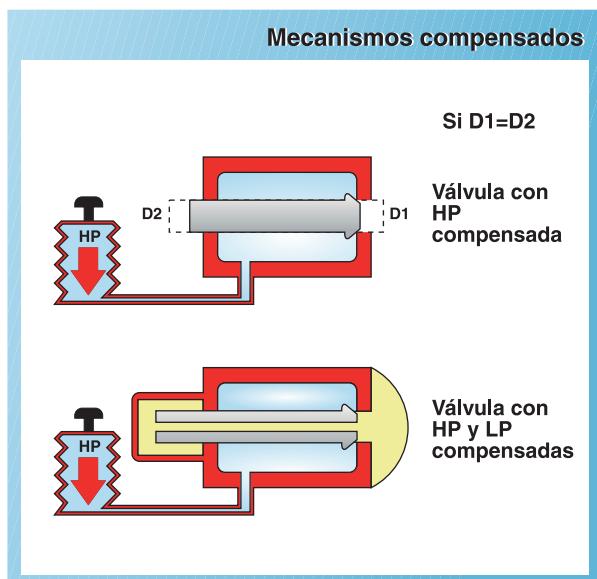
Pero antes de ver la aplicación de esta solución sobre los mecanismos de pistón y membrana, veamos un esquema simplificado que nos ayudará a comprender mejor lo que acabo de explicar.

Cuando en el interior de la cámara del dibujo bombeamos aire a presión, el cilindro se desplaza, y la fuerza que debemos ejercer para frenarlo, dependerá de la presión ejercida.

Sin embargo, en el siguiente esquema la situación ha cambiado:

Siempre que los dos orificios de la cámara tengan el mismo diámetro, las fuerzas que actúan sobre el cilindro se anulan.

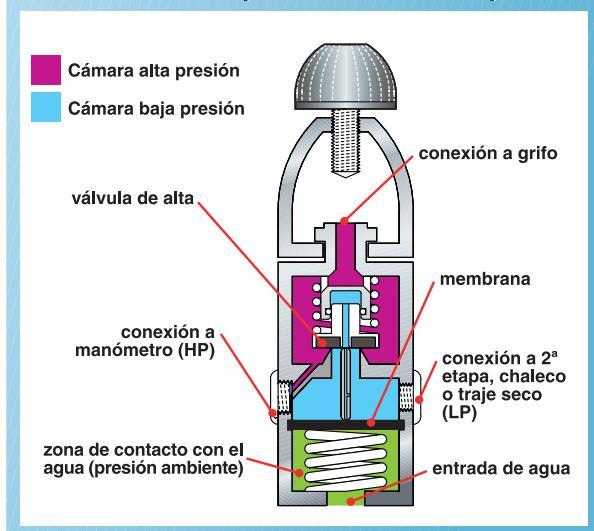
Esto es precisamente lo que debemos hacer con nuestra válvula de alta presión.



Para saber mas ...

Primera etapa de membrana compensada

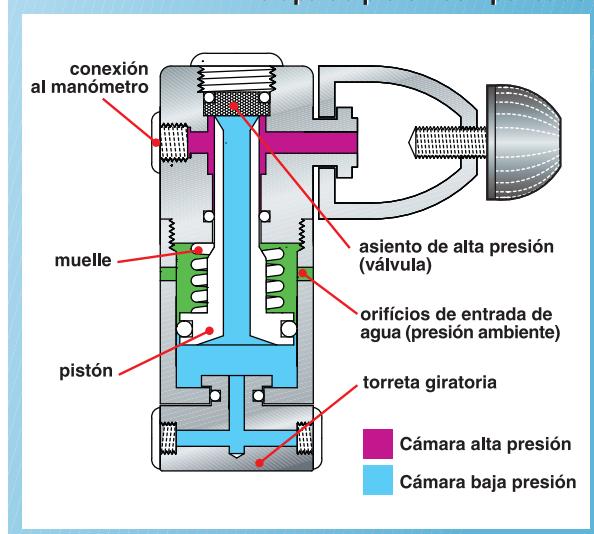
1^a etapa de membrana compensada



Fijaros como se consigue. Hemos aislado el eje de la válvula de la zona de alta presión. Si este eje tiene el mismo diámetro que el orificio que cierra el paso del aire, cuando esto ocurra, sobre la válvula no se ejercerá ninguna fuerza resultante al variar la presión de la botella. El mecanismo estará compensado y la presión de baja (LP) siempre será 10 atm (si se ha ajustado a ese valor el muelle principal) + la presión ambiente del agua, durante toda la inmersión. Para compensar completamente el mecanismo, la válvula está taladrada longitudinalmente para permitir que la presión de baja (LP) también esté compensada sobre la válvula en los dos sentidos.

Primera etapa de pistón compensado

1^a etapa de pistón compensado



Como veis la disposición es diferente en el mecanismo de pistón compensado. La conexión a la botella no está dispuesta longitudinalmente, sino perpendicular al eje de la primera etapa. El asiento de válvula ya no forma parte del pistón, sino que está fijado al cuerpo de la primera etapa. El pistón abre y cierra el paso del aire sobre este asiento. El extremo del pistón, que cierra sobre este asiento, tiene un perfil muy afilado, de forma que el diámetro de cierre sea igual al diámetro exterior del pistón que taponna el otro orificio de la cámara de alta. De esta manera aunque varíe la presión de alta (HP) en la botella, ésta no ejercerá ninguna fuerza sobre el mecanismo y la presión de baja (LP) se mantendrá constante.

Es algo muy parecido al esquema simplificado que explicamos anteriormente.

Si bien los mecanismos de pistón, en general, no permiten variar el reglaje de la presión de baja (LP) (el muelle está en el centro y no en un extremo

como en los de membrana), algunas primeras etapas de PISTÓN COMPENSADO, permiten un pequeño ajuste, en las operaciones de mantenimiento, desplazando la posición del asiento de válvula.

Otra característica común a todas las primeras etapas de PISTÓN COMPENSADO es la disposición de todas las conexiones de baja (LP) en una torreta que puede ser giratoria. En los mecanismos de MEMBRANA COMPENSADA, solo algunos modelos disponen de torreta giratoria.

No hay diferencias en la presión de la cámara de baja al principio y al final de la inmersión en los mecanismos compensados

Hay que decidirse: ¿pistón o membrana?

Desde el punto de vista constructivo, las primeras etapas de pistón son más simples que las de membrana. Y como hemos podido ver el PISTÓN NO COMPENSADO tiene un mecanismo muy sencillo. Por dicho motivo es el más utilizado en los reguladores básicos o aquellos destinados a alquiler en centros de buceo, pues son económicos y de bajo mantenimiento.

Las primeras etapas de MEMBRANA NO COMPENSADAS no son tan sencillas por lo que la selección natural las ha eliminado del mercado, aunque muchos de los primeros reguladores fueron de este tipo.

De entre los mecanismos COMPENSADOS el de PISTÓN también es más sencillo y de más fácil mantenimiento, aunque en muchos casos no es posible ajustar el reglaje de la presión de baja (LP).

Las primeras etapas de PISTÓN COMPENSADO de algunos fabricantes de gama alta, son capaces de dar un caudal muy elevado.

Sin utilizar "KIT DE AGUAS FRÍAS" las primeras etapas de pistón son más susceptibles a la congelación, si son utilizadas en aguas a baja temperatura.

Las primeras etapas de MEMBRANA COMPENSADAS poseen el mecanismo más complejo. Permiten ajustar con precisión la presión de baja (LP) durante las operaciones de mantenimiento. Son menos sensibles a la suciedad del agua y a las incrustaciones que los mecanismos de pistón, aunque este punto no limita a ninguno de los dos mecanismos si se respetan las revisiones anuales recomendadas.

Cuando hablamos de los "KIT DE AGUAS FRÍAS" veremos que éstos son más fáciles de aplicar y más efectivos en las primeras etapas de membrana.

Sobre la ventaja de un sistema respecto a otro se han vertido ríos de tinta. Sin embargo los dos sistemas son perfectamente válidos. De hecho muchos fabricantes tienen los dos sistemas coexistiendo en sus catálogos. Lo que hace buena o no una primera etapa es la precisión con la que se han diseñado, fabricado y montado sus componentes. Aunque no es el motivo de este curso entrar en detalles excesivamente técnicos, diremos a modo de ejemplo, que un mal acabado en el asiento de la válvula de alta, o una falta de precisión en su perpendicularidad, o un radio de mecanizado demasiado grande, pueden provocar una caída de la presión suministrada a la segunda etapa (pressure drop) respecto a la de reglaje, que se traduciría en un caudal inferior al teórico, respecto a otro regulador sin ese defecto.

Esta precisión y calidad de los materiales es necesaria tanto en las primeras etapas de pistón como en las de membrana. Todos estos detalles son muy difíciles de apreciar por el buceador. Por tanto, la mejor garantía es creer en las marcas prestigiosamente reconocidas y desconfiar de las gangas. El regulador es, seguramente, la parte más "seria" de nuestro equipo y vale la pena dedicarle una atención especial.

No debemos olvidar

- 1. En todos los sistemas compensados la presión de baja (LP) que llega a la segunda etapa es constante durante toda la inmersión, independientemente de la presión (HP) que va disminuyendo en la botella.*
- 2. Los sistemas de pistón y membrana compensados son igualmente validos. En última instancia la precisión del montaje y la calidad de los acabados son responsables de que los caudales y esfuerzos sean los esperados.*



Dos reguladores de alta gama de la misma marca con dos primeras etapas diferentes cada una con un sistema distinto.

SEGUNDAS ETAPAS

Vamos a conocer

- 1. Las diferencias entre las válvulas UP y DOWN STREAM.*
- 2. De que depende el esfuerzo respiratorio y el caudal.*
- 3. Qué es el efecto Venturi.*
- 4. Qué es el mecanismo de regulación de esfuerzo.*
- 5. Cómo funcionan las etapas Down Stream compensadas.*
- 6. Influencia del frío.*

Cuando explicamos el funcionamiento general de un regulador utilizamos como ejemplo el mecanismo de 2^a Etapa "Down Stream", pues ya dijimos que el 90 % de los reguladores de inmersión son de este tipo.

Ahora recordaremos algunos conceptos y explicaremos el funcionamiento de algunos dispositivos y variantes presentes en este tipo de segundas etapas.

Para saber mas ...

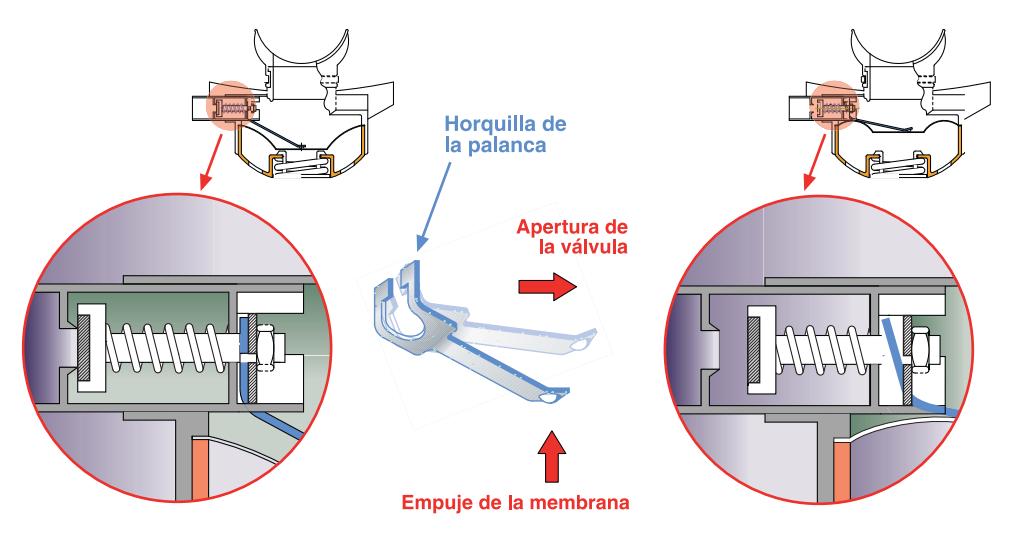
Válvulas UP Stream y servomecanismos

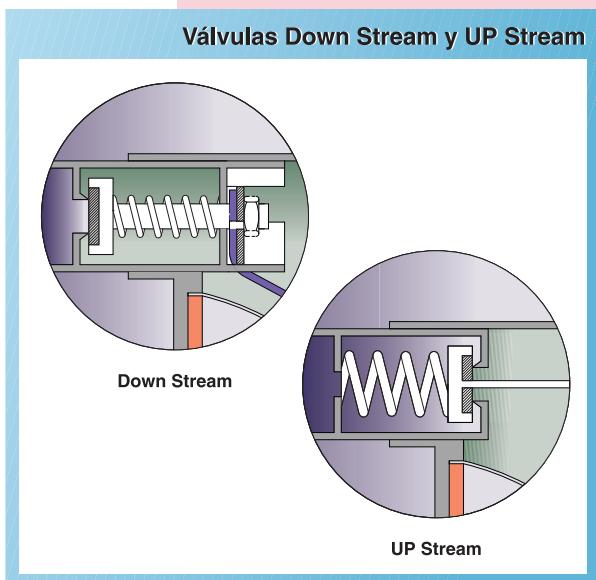
Como ya explicamos, la presión de la botella es reducida por la primera etapa a una presión constante (LP) de 10 atm más la presión ambiente. Esta presión llega a la segunda etapa que mediante una válvula y un muelle cierran el paso del aire. La válvula puede ser desplazada del orificio de cierre mediante una horquilla metálica (palanca) permitiendo el paso del aire. Para abrir hay que tirar de la válvula. La citada palanca puede ser accionada por su otro extremo mediante el pulsador o bien por el empuje de la membrana cada vez que al inhalar provocamos una depresión dentro del cuerpo de la segunda etapa.

Si la válvula está situada en el lado de menor presión del orificio de paso del aire, se dice que es del tipo "Down Stream" (corriente abajo). Si por el contrario está situada y cierra desde el lado de mayor presión se dice que es "Up Stream" (corriente arriba).

Como se puede deducir de los esquemas siguientes, en el caso del sistema "Down Stream", si tuviésemos un mal funcionamiento de la primera etapa y la presión LP tuviese un valor superior al normal, la válvula de la segunda etapa se abriría por sobrepresión, actuando como válvula de seguridad e impiidiendo una rotura del latiguillo (diseñado para trabajar en un rango de presiones inferior). Simplemente tendríamos un flujo constante de aire en la segunda etapa.

Funcionamiento 2^a Etapa con válvula Down Stream





la firma que tradicionalmente más utiliza este sistema es la marca Poseidón, pero también es utilizado por Oceanic en su modelo Omega.

En estas segundas etapas, cuando accionamos la palanca no abrimos la válvula principal sino un pequeño orificio. La salida del aire por este orificio desequilibra la presión en una cámara intermedia lo que provoca la apertura de la válvula principal de mayor caudal.

Este funcionamiento "especial" es el responsable de que, al abrir el grifo de la botella escuchemos brevemente un pequeño flujo continuo hasta que se restablece el equilibrio a ambos lados de la válvula principal.

Dependiendo de la disposición del mecanismo, algunas segundas etapas "servo" también requieren válvula de seguridad para evitar sobrepresiones en el latiguillo.

Los reguladores que utilizan el sistema servo requieren un esfuerzo respiratorio medio pero dan un gran caudal. Por dicho motivo se hicieron populares entre buceadores de gran profundidad (coraleros, buceadores profesionales, etc...) y para algunos buceadores eran un signo de prestigio.

Hoy en día existen varios reguladores del tipo Down Stream, capaces de dar ese caudal y a un esfuerzo de inhalación menor (Reguladores clasificados "A" Type por la NEDU de la US Navy).

Una característica común de este tipo de segundas etapas es que permite diseños muy reducidos, ya que la membrana de depresión puede ser más pequeña que en un sistema Down Stream convencional. Un inconveniente importante es que el mecanismo es más delicado, sobre todo para ser utilizado en el medio marino y por tanto requiere mayor mantenimiento y por personal más especializado.

Si la válvula es del tipo "Up Stream" y tuviésemos un incremento anormal de la presión de baja (LP) proveniente de la primera etapa, la válvula "Up Stream" cerraría con más fuerza y no podría evitar la rotura del latiguillo. Para abrir en este caso hay que empujar la válvula. Por dicho motivo, cuando se utilizan segundas etapas de este tipo (hoy en día sólo en algún equipo terrestre y en algún servomecanismo) se debe disponer en la primera etapa de una válvula de seguridad adicional que abra en caso de sobrepresión.

El resto de segundas etapas que se utilizan hoy en día en buceo y que no pertenecen al sistema Down Stream son del tipo "servo". Quizás

Esfuerzo respiratorio y caudal

No repetiremos aquí el ciclo de funcionamiento de la 2^a etapa ya descrito anteriormente pero sí que reflexionaremos otra vez sobre los conceptos de Esfuerzo Respiratorio y Caudal.

Repasemos para ello las diferentes fases de la respiración con un regulador.

Fase de inhalación

El Caudal, es decir, la cantidad de aire que necesitamos en cada situación y profundidad, será regulado por la mayor o menor abertura de la válvula en cada caso. Por tanto, para cada regulador este valor estará limitado por:

1. La presión y el caudal que llega desde la 1^a etapa. Algunas primeras etapas diferencian una de las salidas de baja presión y la destinan a la segunda etapa principal. En ella el calibre del orificio está optimizado para minimizar la restricción de dicho caudal. La sección interior de los latiguillos también ha sufrido un incremento respecto a los primeros reguladores con el mismo propósito.
2. El orificio de paso de la válvula de la 2^o etapa.
3. La apertura máxima que la válvula puede realizar. Esta apertura o recorrido está condicionado por la geometría de la palanca y la oscilación máxima que ésta puede realizar.

Con estos condicionantes los proyectistas de reguladores tienen que trabajar para que en las condiciones extremas de demanda, establecidas por las normas de la US Navy y la EN 250, el caudal sea suficiente.

Otro aspecto es el esfuerzo respiratorio que debemos realizar para conseguir ese caudal y mantener el mecanismo abierto durante la fase de inhalación.

Este esfuerzo dependerá de :

- A. El correcto diseño y mecanizado que reduzca los rozamientos del mecanismo.
- B. La fuerza con que el muelle empuja la válvula, obligándola a cerrar sobre su orificio. Como se puede deducir, un mecanismo poco preciso obligará a tensar más el muelle para cortar el paso del aire. Esa fuerza extra de cierre deberá vencerse durante la fase de inhalación y por tanto obligará a realizar un esfuerzo mayor.
- C. La geometría de la palanca. La relación de brazos de palanca entre los bracitos (horquilla) que abren la válvula y el brazo que es empujado por la membrana, influyen en el esfuerzo necesario para mantener la inhalación. Esta geometría está estudiada en la fase de diseño y no debe ser cambiada o manipulada, pues esta relación también influye en el caudal máximo que puede aportar el regulador. **No se puede manipular o doblar la palanca para evitar flujo continuo**, sin saber que están reduciendo recorrido de oscilación a la palanca y por tanto caudal máximo al regulador.
- D. La canalización del aire desde la válvula a la boquilla. Estamos hablando del famoso efecto Venturi y que analizaremos con detalle más adelante.

- E.** Las dimensiones de la membrana de inhalación. Cuanto mayor sea el diámetro de la membrana, menor será el esfuerzo de inhalación. Sin embargo, hoy en día, la optimización de los puntos anteriores ha permitido reducir algo las dimensiones de las segundas etapas. Pero todo tiene un límite. De hecho algunas segundas etapas extremadamente reducidas desaparecieron del mercado cuando se impusieron las certificaciones.

Fase de exhalación

El esfuerzo de exhalación y que también interviene en el trabajo total respiratorio depende de la elasticidad de la membrana de exhalación y de las dimensiones de la misma. Esto explica que algunos fabricantes utilicen al máximo el espacio disponible disponiendo dos válvulas de exhalación o geometrías ovaladas, por ejemplo.

Efecto Venturi

Hemos visto hasta ahora que cuando realizamos la inhalación, creamos una depresión que actúa sobre la membrana, que a su vez presiona la palanca y ésta abre la válvula. Por tanto, para abrir más la válvula y comprimir más el muelle sería lógico pensar que el esfuerzo respiratorio debe aumentar y que debería mantenerse durante toda la inhalación, y sin embargo no siempre es así. Esto es debido al “Efecto Venturi” que ahora explicaremos.

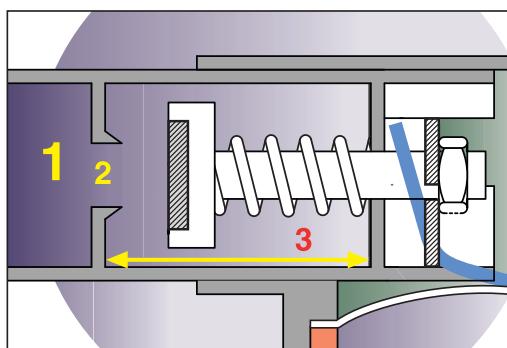
El “Efecto Venturi” es un principio de Física que dice que un fluido en movimiento, al aumentar su velocidad disminuye su presión. Este fenómeno es consecuencia del PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA.

El efecto Venturi (Giovanni Battista Venturi, 1797) consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor. Si en ese punto de baja presión del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en el segundo conducto.

No vamos a detenernos en la justificación de ese principio sólo vamos a analizar sus consecuencias en nuestro regulador.

Si canalizamos el aire desde la válvula hacia la boquilla, en lugar de dejar que llene libremente el volumen de nuestra 2^a etapa, la velocidad del aire saliendo por el canal (Venturi) arrastrará el aire situado en la zona de la boquilla hacia el exterior (o hacia nuestra boca), creando una

Limitaciones del caudal



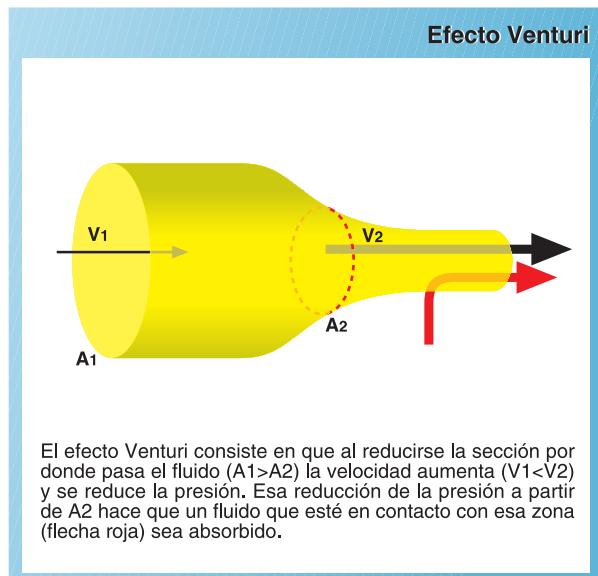
depresión adicional que ayudará a mantener la membrana presionando sobre la palanca.

Gracias a este efecto podemos reducir el esfuerzo de inhalación una vez abierta la válvula.

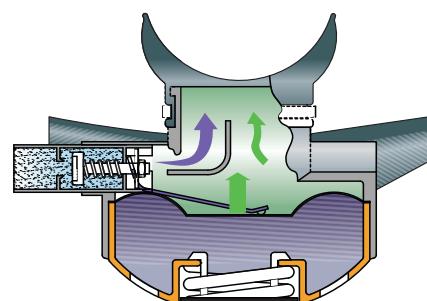
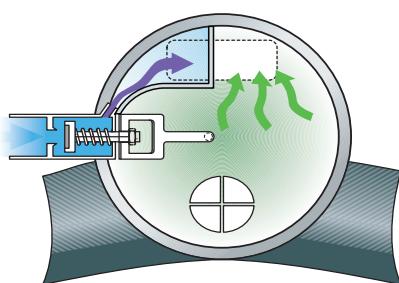
Hasta aquí la teoría. En la práctica la cosa se complica. Como ya sabemos al aumentar la profundidad, la densidad del aire que respiramos aumenta. Por otro lado al aumentar el ritmo respiratorio y solicitar más caudal, la válvula abre más y la velocidad del aire cambiará. Todas estas variables hacen que el "Efecto Venturi" no sea constante y en ocasiones puede llegar a ser excesivo.

Cuando esto ocurre podemos tener sobrepresión en nuestra boca durante la fase de inhalación. La norma EN 250 limita el valor admisible de esta sobrepresión durante la fase de inhalación en 5 mbar.

Como es lógico la eficacia del "Efecto Venturi" depende mucho del diseño de dicha canalización. Hay reguladores cuyo diseño mantiene las prestaciones dentro de los límites óptimos sin requerir de dispositivos regulables (deflectores móviles) para variar la fuerza del Efecto Venturi en función de la profundidad y del caudal solicitado. En otros casos estos mecanismos de regulación del Efecto Venturi son necesarios para mantener las curvas del trabajo respiratorio dentro de los límites establecidos por la EN 250.



Efecto Venturi, reducción del esfuerzo de inhalación



El efecto Venturi también es responsable de...

Al lanzar un equipo al agua, a menudo el regulador se pone en flujo continuo. Cuando la membrana es golpeada por el agua, ésta puede abrir bruscamente la válvula creando un fuerte "Efecto Venturi" en la boquilla. El regulador no para de soltar aire. Probablemente bastará con frenar la velocidad del aire poniendo el dedo frente a la boquilla y dejando que el agua entre en la cámara de la 2^a etapa. No os liéis a pegar mamporros a la segunda etapa porque la violencia no soluciona nada.

Muchos reguladores disponen de una palanquita "Pre Dive / Dive" que es muy útil para evitar este desagradable episodio. Simplemente se pone el regulador en posición "Pre Dive" antes de lanzarlo al agua y se vuelve a la posición "Dive" cuando se ha de utilizar.

Segundas etapas Down Stream. Mecanismos de regulación del esfuerzo



Si con el Efecto Venturi y sus dispositivos de regulación (deflectores) estábamos actuando directamente sobre la velocidad del flujo de aire, cuando hablamos de mecanismos de regulación del esfuerzo, nos referimos a un mando situado siempre longitudinalmente en el otro lado de la conexión del latiguillo.

Con este mando lo que estamos variando desde el exterior es la tensión con que el muelle hace cerrar la válvula. Al variar esta tensión variaremos el esfuerzo necesario para abrir la válvula y por tanto el esfuerzo de inhalación.

Depende de cómo estén calibrados estos mecanismos es posible obtener un pequeño flujo continuo con el mando completamente abierto. Esta calibración debe hacerse por técnicos especializados ya que un montaje incorrecto puede limitar el recorrido de la válvula y por tanto reducir el caudal máximo del regulador. Estos mecanismos, en su posición cerrada, también pueden evitar el flujo continuo al lanzar el regulador al agua.

Estos mecanismos también permiten eliminar el pequeño flujo continuo de reguladores cuyo asiento de válvula (disco de silicona) esté ligeramente marcado tras largos períodos de no utilización.

Un inconveniente de estos mecanismos es que requieren forzosamente una limpieza y un mantenimiento anual más riguroso. De lo contrario las incrustaciones de sales en el mecanismo de regulación, disminuyen considerablemente la suavidad del regulador. Por dicho motivo este dispositivo no es recomendable para reguladores destinados a alquiler en clubes o centros de buceo.

Segundas etapas Down Stream compensadas

Hasta ahora habíamos hablado de válvulas compensadas cuando nos referíamos a las primeras etapas. Pero también es posible compensar ligeramente la válvula de la segunda etapa.

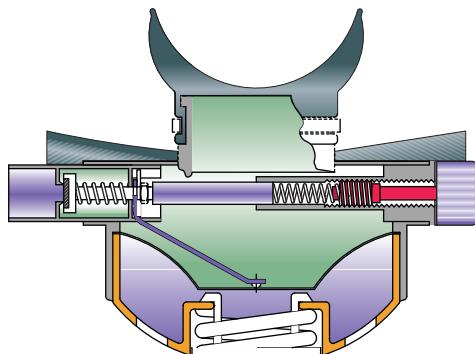
Cuando en una válvula Down Stream "normal" actúa la fuerza del muelle, parte de esta fuerza sirve para vencer la presión de baja (LP) que quiere abrir, y parte para comprimir el asiento de válvula (disco de silicona) y conseguir un cierre hermético.

Si nosotros compensamos la válvula como indica la figura, la fuerza del muelle se utilizará únicamente para comprimir el asiento de válvula (disco silicona) y conseguir el cierre. Por tanto, necesitaremos un muelle más flojo. Una vez abierta la válvula el esfuerzo para mantenerla abierta será menor. Por otro lado, la segunda etapa acusará menos las pequeñas fluctuaciones de la presión de baja (LP) procedente de la 1^a etapa.

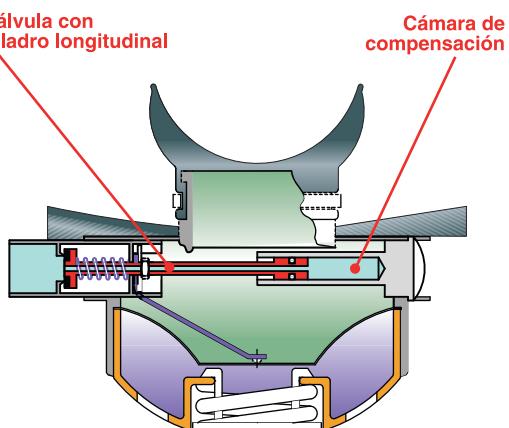
Sin embargo la válvula de la 2^a etapa no se debe compensar completamente, ya que nos interesa que en caso de una sobrepresión procedente de la 1^a etapa, la válvula Down Stream abra y actúe como válvula de seguridad.

Por otro lado esta válvula dispone de una cámara de compensación y una junta adicional, por lo que requerirá también un mantenimiento y engrase más riguroso. De lo contrario tendremos fugas o bien rozamientos no deseados que reducirán las prestaciones.

Válvula Down Stream con mecanismo de regulación



Válvula Down Stream compensada



No debemos olvidar

1. La mayoría de las segundas etapas que se fabrican son del tipo Down Stream.
2. El caudal máximo que puede dar un regulador depende del máximo recorrido que tenga la válvula de la segunda etapa.

- 3. No se debe manipular la palanca para evitar el flujo continuo.*
- 4. Si un regulador tiene sistema Pre Dive/ Dive, antes de entrar al agua debemos ajustarlo a Pre Dive y luego en el agua pasarlo a Dive.*
- 5. Si un regulador no tiene ese sistema y al entrar al agua se pone en flujo constante es suficiente con taparle con los dedos la boquilla para que deje salir aire.*
- 6. Los reguladores con segundas etapas con mecanismos de regulación de esfuerzo o compensadas requieren mas atenciones para evitar las incrustaciones de sal en los mecanismos.*

PARA QUE SIEMPRE FUNCIONE EL REGULADOR

Vamos a conocer

- 1. Los cuidados que debemos tener con el regulador.*
- 2. Como realizar su mantenimiento.*

Siendo el regulador una de las piezas mas importantes en el funcionamiento de la escafandra autónoma y, por tanto, un elemento fundamental en la seguridad del buceador es sorprendente el poco cuidado con que, en general, los buceadores lo tratamos y la poca atención que le prestamos. Nos limitamos a darle una "aclaradita" después de su uso y a guardarla con más o menos cuidado. ¡Como siempre funciona!

Hasta el día que deja de hacerlo. Y en ese momento lo mínimo que puede suceder es que no buceemos si no tenemos otro de repuesto o que nos llevemos un buen susto bajo el agua, eso si no hay otras consecuencias peores.

Es por esta razón por lo que vamos a dar una serie de consejos para la utilización, cuidado y mantenimiento del regulador.

Antes de la inmersión

Sobre todo si el regulador lleva un tiempo sin usarse debemos:

1. Comprobar el estado de los latiguillos y sus conexiones a la primera etapa. Verificar que no presentan ampollas, deformaciones u otro tipo de deterioro en toda su longitud, incluso en las zonas que ocultan los protectores si los tienen.
2. Comprobar el estado de la junta tórica (ya sea la conexión DIN o INT) sustituyéndola si está rota o deteriorada.
3. Comprobar el estado de la boquilla del regulador, que no presenta roturas de las piezas que se muerden o fisuras en la conexión a la segunda etapa.
4. Comprobar, si el regulador tiene control de efecto venturi, que se encuentra en la posición preinmersión [menos (-)]

5. Enroscar, si el regulador tiene mando de regulación de esfuerzo inspiratorio hasta el final pero sin forzarlo.
6. Abrir el grifo de la botella y cerrarlo suavemente antes de conectar el regulador. De esta forma impediremos que agua o suciedad alojada en el grifo entre en el regulador y facilitaremos que luego, con el regulador puesto, se pueda abrir suavemente.
7. Conectar adecuadamente el regulador y abrir de nuevo el grifo lentamente (si se mantiene purgada la segunda etapa mejor) para evitar una compresión adiabática excesiva, tanto en la cámara de alta como en la de media. Hay que evitar durante la maniobra que el manómetro apunte hacia nosotros.
8. Abrir todo el grifo y luego cerrarlo media vuelta. De esta forma al volver a manipular el grifo sabremos que está abierto (gira hacia los dos lados) y si lo queremos cerrar sabemos que tenemos que girarlo hacia la posición en que no hace rápidamente tope.
9. Comprobar las fugas de aire, escuchándolas o sumergiendo la botella con el regulador conectado.
10. Desenroscar primero y luego apretar el mando de regulación de esfuerzo inspiratorio si lo tiene, hasta que el esfuerzo para respirar sea mínimo y no se ponga en flujo constante.
11. Comprobar la presión de la botella con el manómetro.

Durante la inmersión

1. Antes de sumergirnos si el regulador tiene control de efecto venturi, lo pondremos en la posición de inmersión [mas (+)].
2. Buceando contracorriente, manejando un escuter o tumbado boca arriba si el regulador se pone en flujo continuo y tiene mando de regulación de esfuerzo inspiratorio podemos hacer que desaparezca apretándolo.
3. De igual manera si se realiza un buceo profundo y se tiene mando de regulación de esfuerzo inspiratorio se puede aflojar para reducir el esfuerzo respiratorio.



Para limpiar el regulador colocamos los tapones.

Después de la inmersión

El regulador se debería enjuagar con agua dulce antes de despresurizarlo (sin quitarlo de la botella) para que no pueda entrar agua o suciedad en las cámaras de alta y baja.

Pero esto no siempre es fácil. En el caso de que no sea posible enjuagar el regulador sin quitarlo de la botella siempre debe hacerse:

1. Con los tapones puestos (que habremos limpiado y secado previamente) y apretados.
2. Sin utilizar el purgador porque al no existir presión en la cámara de media puede entrar agua.
3. Si tiene mando de regulación de esfuerzo inspiratorio debe estar apretado para evitar que entre agua.

Mantenimiento

Después de cada inmersión, para dejarlo dispuesto para otra o para guardarlo.



La sustitución de juntas y el cambio de latiguillos son operaciones que hay que realizar en cualquier sitio y momento.

durante el almacenamiento prolongado, sobre todo si no se ha realizado su “endulzado” correctamente.

7. Si el regulador se utiliza con mucha frecuencia y en piscina las revisiones deben ser más frecuentes porque el cloro y los productos químicos que se utilizan para mantener el pH del agua son muy corrosivos.
8. Las revisiones o reparaciones deben ser realizadas por personal cualificado de los servicios técnicos que garanticen su correcta manipulación y que no se pierdan los derechos de la garantía.

1. Para limpiar bien el regulador es necesario sumergirlo en agua dulce caliente con una temperatura no superior a 50 ° C durante una hora. Esta maniobra debe realizarse también con el regulador presurizado o cumpliendo los tres requisitos que enunciamos antes para endulzarlo solo con los tapones puestos. El objetivo de este baño es la eliminación de las incrustaciones salinas y minerales, después, hay que enjuagarlo con un chorro de agua corriente para que se vayan.

2. Mientras el regulador esté a remojo se debe mover varias veces la palanca del sistema venturi de mas a menos para que se eliminen las incrustaciones de sales y minerales.

3. Hay que secarlo con un trapo antes de guardarlo.

4. No se debe guardar o dejar expuesto al calor, los rayos UVA, al ozono y al cloro para preservar las gomas.

5. Si tiene mando de regulación de esfuerzo inspiratorio para guardarlo debemos dejarlo lo mas aflojado posible para que el muelle no haga mucha fuerza sobre el asiento de la válvula.

6. Una vez al año debemos llevarlo a revisión por un servicio técnico. No importa las veces que se haya usado. La corrosión de las partes mas delicadas y de las juntas tóricas actúa también durante el almacenamiento prolongado, sobre todo si no se ha realizado su “endulzado” correctamente.

LOS REGULADORES EN CONDICIONES ESPECIALES

Vamos a conocer

1. *El comportamiento del regulador en aguas frías.*
2. *Los cuidados que hay que tener utilizando otras mezclas respiratorias diferentes al aire.*

Comportamiento de los reguladores en aguas frías

Cuando se bucea en aguas frías, según los estándares del C.E.N. (Comité Europeo de Normalización) por debajo de los 10 °C, existe el riesgo de congelación en nuestro regulador.

Como hemos visto hasta ahora nuestro regulador es un dispositivo capaz de reducir la presión del aire comprimido en la botella hasta la presión ambiental y de forma prácticamente instantánea. Primero de 200 atm a 10 atm. en la primera etapa y después de 10 atm a presión ambiente en la segunda etapa.

Pues bien, de la misma forma que el aire se calienta cuando lo comprimimos al cargar la botella liberando así energía, ocurre lo contrario al expandirse de forma brusca, necesita absorber energía y por lo tanto enfriá el entorno.

Veamos primero el problema en las primeras etapas.

Como ya hemos explicado, en la primera etapa tenemos un muelle en contacto con el agua exterior y que empuja en cada caso a la membrana o al pistón.

Esta zona sufre un enfriamiento considerable debido a la expansión del aire que se produce en la zona de la válvula de alta.

Normalmente en aguas templadas, este frío se disipa sin producir ninguna anomalía. Pero qué ocurre si estamos buceando en aguas frías. Pues que dependiendo del caudal solicitado, no se produzca el intercambio térmico necesario y el agua en contacto con el muelle se congele.

Resultado, el mecanismo se puede bloquear dando flujo continuo o, peor aún caudal insuficiente. ¿Cómo solucionarlo?

Si en lugar de agua tuviésemos un fluido capaz de transmitir la presión exterior pero que tuviese un punto de congelación muy por debajo del agua, asunto solucionado.

Inicialmente los Kits de aguas frías consistían en llenar la cámara donde se encuentra nuestro muelle con un aceite de silicona. Para que este aceite no se escapase, esa cámara se cerraba con otra membrana exterior capaz de transmitir la presión ambiente y un capuchón rosco.

Ahora que ya conocemos los mecanismos de membrana y pistón, comprenderemos que ese montaje es más sencillo en los mecanismos de mem-



Kit de aguas frías.





Algunas primeras etapas de membrana de alta gama lo llevan incorporado de serie.

brana, que tienen el muelle en un extremo del mecanismo.

Actualmente la mayoría de Kits de Frío han reemplazado el aceite de silicona por una pieza rígida o "percutor" que transmite la presión ambiente desde la membrana "exterior" a la membrana principal del mecanismo interior. De esta forma tenemos un Kit de frío "seco" que facilita las operaciones de mantenimiento.

El montaje de estos "Kits de Frío" debe hacerse por personal cualificado ya que debe procurarse que la cámara seca tenga el mínimo volumen de aire. De lo contrario la membrana exterior no transmitirá con la sensibilidad necesaria la presión ambiente exterior.

De hecho un kit de aguas frías protege también la cámara del muelle de la polución ambiental y evita los depósitos de sal en esa zona. Algunas primeras etapas de membrana de alta gama lo llevan incorporado de serie.

Como ya os podéis imaginar la solución anterior no es aplicable a los mecanismos de pistón debido a la disposición central del muelle.

Los mecanismos de pistón no compensado no están pensados para buceo técnico o en aguas frías por lo que no existe ningún tipo de kit para ellos.

Las primeras etapas de pistón compensado minimizan la formación de hielo sobre las superficies externas del pistón y muelle mediante recubrimientos especiales no metálicos que por un lado aíslan térmicamente y por otro disminuyen su adherencia reduciendo la posibilidad de bloqueo.

Tanto en los sistemas de membrana como en los de pistón, la carcasa exterior metálica dispone de nervaduras que favorecen el intercambio térmico con en el ambiente.

Y en las segundas etapas también tenemos una expansión del aire que pasa de 10 atm a presión ambiente.

Tenemos por tanto otra zona de enfriamiento que buceando en aguas frías sería susceptible de formación de hielo.

Una segunda etapa completamente metálica favorecerá el intercambio térmico con el ambiente exterior (que está frío pero menos que el flujo aire expandido) disipando más fácilmente el frío que se produce en el interior.

En su defecto las segundas etapas de plástico disponen en sus conexiones al latiguillo (próximas a la zona donde internamente se produce la expansión del aire) de nervaduras que actúan a modo de intercambiador de temperatura.

En cualquier caso el buceo en aguas frías además de utilizar los reguladores adaptados para esta actividad, requiere un entrenamiento especial que evite maniobras de riesgo.

El regulador para otras mezclas diferentes al aire

Al penetrar el gas proveniente de la botella en la primera etapa se produce una compresión adiabática del gas, mas o menos alta según la velocidad con

que se produzca la presurización. El calor, el oxígeno y una fuente de ignición (un material inadecuado o un contaminante) son los tres elementos necesarios para una combustión.

En principio la mayoría de los reguladores están preparados para ser utilizados con aire enriquecido (EAN) hasta el 40 %, es decir, que han superado satisfactoriamente un test de compresión adiabática para mezclas con cantidades de oxígeno igual o menores al 40 %.

Si se utilizan estos reguladores siempre con aire no existirá ningún problema en ese sentido, pero si se utilizan con aire enriquecido habrá que mantener las mismas condiciones en las que se realizaron los test de compresión adiabática para que sigan siendo seguros. Es decir, hay que seguir manteniéndolos limpios de hidrocarburos y de aceites.

Los compresores de aire tienen que producir un aire de Grado E para que sea apto para la respiración pero que contiene restos de hidrocarburos y aceites del compresor que si bien no son nocivos para la salud actúan como contaminantes del regulador.

Por eso si queremos mantener nuestro regulador en las mejores condiciones para utilizar aire enriquecido hasta el 40 % es muy conveniente utilizarlo con botellas que se carguen solo con aire enriquecido y no utilizarlo con botellas que se hayan cargado con aire. O bien utilizar botellas cargadas con aire hiperfiltrado (con una cantidad de hidrocarburos que no supere los 0,1 mg/m³).

Para reducir la velocidad de presurización lo que debemos hacer siempre es ABRIR EL GRIFO DE LA BOTELLA LENTAMENTE.

Para mezclas con un % mayor de oxígeno se exige que el regulador esté en SERVICIO DE OXÍGENO.

Estos reguladores están fabricados con unos materiales, juntas y lubricantes con temperaturas de ignición mucho mayores debido a que tienen que trabajar con concentraciones mayores de oxígeno. También tienen que mantenerse en su interior las condiciones de limpieza y la ausencia de contaminantes por lo que no se deben utilizar con otras mezclas y si es posible utilizar filtros especiales para su carga.

La utilización de mezclas diferentes al aire supone un incremento de los riesgos en el buceo que ya hemos explicado en otro capítulo de este manual. Por este motivo RECOMENDAMOS realizar las especialidades de Nítrox y Nítrox técnico del plan de formación de la FEDAS para tener los conocimientos y experiencia necesarios que eviten un accidente y sus graves consecuencias.



Filtro personal para cargar las botellas y mantenerlas limpias.



Para utilizar mezclas con mas del 40 % de oxígeno también el manómetro tiene que estar en servicio de oxígeno.

No debemos olvidar

1. Utilizar el tapón de la primera etapa para que no entre agua o suciedad dentro de él.
2. Revisar las juntas tóricas, las conexiones y el estado de los manguitos antes de utilizar el regulador.
3. Colocar las palancas y mandos de los sistemas de regulación del efecto venturi y del esfuerzo respiratorio del regulador, si los tiene, en la posición apropiada a cada situación.
4. Enjuagar el regulador después de su uso para impedir los depósitos de sal y la corrosión.
5. Hacer revisar por un técnico cualificado el regulador las veces que sean necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.
6. Si vamos a utilizar un regulador en aguas frías asegurarnos de que dispone de los mecanismos oportunos para reducir el riesgo de la formación de hielo y de que tenemos la formación necesaria para utilizarlo correctamente en esas condiciones.
7. Que para mezclas respiratorias con un % de oxígeno mayor de 40 el regulador además de estar en servicio de oxígeno debe recibir todos los cuidados posibles para que no se contamine.
8. Que para mezclas respiratorias con un % de oxígeno entre un 21 y un 40 el regulador no es necesario que esté en servicio de oxígeno pero debe recibir todos los cuidados posibles para que no se contamine.

CONFIGURACIÓN

Vamos a conocer

1. A qué se llama configuración del equipo.
2. Las ventajas e inconvenientes de los chalecos de alas.
3. Las ventajas e inconvenientes de las diferentes configuraciones que se pueden adoptar del regulador.

Configuración del equipo

En la medida en que nuestras inmersiones sean más complicadas debido a la profundidad o a las condiciones ambientales no sólo debemos tener más garantías del buen funcionamiento de todo el equipo que llevamos sino que, también, tenemos que reducir riesgos llevándolo de la forma en que pueda producir el menor número de incidentes (enganches, perdidas, roturas...) y que sea siempre fácilmente accesible.

Las experiencia acumulada en el buceo técnico, donde se realizan las inmersiones más complicadas y se adoptan las medidas mas extremas de seguridad, puede servirnos de referencia para saber como hacer mejor las cosas.

Configurar el equipo, no sólo el regulador o reguladores, es establecer qué llevamos y cómo lo llevamos.

En general es indispensable que llevemos un elemento de corte, un carrete, una boya de señalización, una brújula y una fuente de luz. Además de un ordenador de buceo ó, en su defecto: profundímetro, reloj y tablas.

Son complementos muy útiles: la tablilla, un “*jon line*” y un avisador subacuático, sobre todo cuando se actúa como jefe de inmersión.

Y nada más. Debemos acostumbrarnos a llevar sólo lo imprescindible y útil; siempre en el mismo sitio.

Y ¿cómo llevarlo?... Pues todo tiene que ir:

- a) Bien sujetado, que no se pueda perder pero que tampoco sea fácil engancharse en él o que estorbe. Lo correcto es usar anillas y mosquetones de acero inoxidable (de clip fiables) y los bolsillos del jácket.

Se pueden utilizar los bolsillos del traje seco o unos bolsillos adicionales para cuando no se pueden usar los del jácket. Hay que evitar que del cuerpo del buceador, de los atalajes o del jácket llevemos colgando “cabitos” con los que pueda engancharse.

- b) A mano, independientemente de la posición que adoptemos.

Antes todos los buceadores llevaban el cuchillo, por ejemplo, con unas correas en la pantorrilla. La experiencia nos ha enseñado que no es el mejor sitio para llevarlo. Un buceador “atascado” y que no puede doblarse no tendría acceso al cuchillo. Es mejor llevarlo en una funda en el cinturón, en el bolsillo del jácket o en los bolsillos del traje a la altura del muslo. En todos los casos simplemente estirando el brazo se llega al cuchillo.

Es un ejercicio muy eficaz para comprobar que llevamos todo en su sitio y bien colocado cerrar los ojos bajo el agua, buscar cada componente del equipo sacarlo/soltarlo y volverlo a su lugar.

El chaleco de alas

Es uno de los componentes del equipo del buceador que en el buceo técnico se ha adoptado de forma unánime. Nadie discute su utilidad.

El chaleco de alas está compuesto de una placa de acero o aluminio con atalajes y del ala propiamente dicha.

Suele utilizarse con una bibotella a la que se sujetla la placa y el ala mediante unos tornillos, pero también puede utilizarse con una monobotella y, entonces, se atornilla la placa y el ala a una pieza de acero que lleva las cinchas con que sujetar la botella.

Las alas pueden tener diferente capacidad según la utilización que vayan a tener.

Se ha adoptado este sistema de compensador de flotabilidad por varias razones:



Placa y atalajes.



Ala para monobotella.



Complemento para utilizar la ala con una monobotella.

1^a La disposición de la placa y la forma de llenarse de aire el ala permiten adoptar fácilmente una posición de equilibrio horizontal bajo el agua.

2^a La capacidad del ala permite tener una fuerza ascensional mayor que la de un jácket estándar. Lo que es muy conveniente cuando se lleva equipo pesado.

3^a El arnés formado por la placa y los atalajes producen menos resistencia al avance que el jácket.

4^a El peso de la placa cuando es de acero permite reducir el lastre del cinturón de plomos.

El único inconveniente que tiene el compensador de flotabilidad de alas se sufre en la superficie. Cuando el buceador flotando en la superficie se coloca vertical, la posición del aire en el ala, en la espalda y por encima de los hombros, empuja al buceador hacia adelante. Y cuanto más aire tenga el ala más le empuja. Para que esto no ocurra, para que no sea necesario inflarlo mucho, tenemos que reducir el lastre al mínimo indispensable.

Para buceadores con poca experiencia es recomendable que prueben primero este tipo de chaleco en aguas confinadas o inmersiones con poca dificultad.

Las ventajas que hemos enumerado junto con el hecho de que se pueda instalar el adaptador para monobotella y que existan alas pequeñas favorece el que cada día haya más buceadores que utilicen este sistema de control de la flotabilidad aunque las inmersiones no sean técnicas.

Configuración del regulador

Durante muchas inmersiones seguro que hemos utilizado un sólo regulador con una configuración estándar: la segunda etapa principal por la derecha, la segunda etapa secundaria y el inflador del jácket por la izquierda, y el manómetro a un lado u otro según donde estuviera la salida de alta en el primer cuerpo del regulador. La denominaremos *estándar tipo I*.

Esta es una configuración segura para inmersiones a poca profundidad y en la que el ascenso de los buceadores a la superficie es posible en todo momento. En el peor de los casos si le salta la junta tórica a uno de los buceadores o se queda sin aire, utilizando el octopus de su compañero se puede subir a superficie e incluso hacer la parada de seguridad de una forma relativamente cómoda.

Pero si el regreso se tiene que hacer por un paso estrecho o permaneciendo más tiempo en el agua porque hay un techo o hay que hacer una parada de seguridad la situación es más complicada.

Algunos Instructores y guías han empezado a cambiar esta configuración utilizando un latiguillo largo, de entre 1,5 y 2 m como se hace en el buceo técnico. La llamaremos configuración *estándar tipo II*.

En esta configuración el latiguillo largo baja por el costado derecho del ala, se fija remetiendo una coca del latiguillo por dentro del cinturón, sube y después de dar una vuelta a la cabeza del buceador ya puede ser sujetado con la boca.

Esta es la etapa que debemos ofrecer a quien nos pida aire. Agachando la cabeza y estirando el brazo con la segunda etapa en la mano desplegamos el latiguillo y lo ponemos a su disposición, pero ¿y nosotros?

Para eso está la segunda etapa secundaria que nos viene por la derecha también y que se lleva sujetada con una goma elástica (etapa amarilla de la figura en la siguiente página) quedando bajo la barbilla.

Esta configuración supone otra filosofía: ya no entrego la etapa secundaria (el octopus) al compañero que me pide aire, entrego la primera, la que llevo en la boca y seguro que funciona y no tiene agua en su interior. La segunda etapa secundaria casi podemos cogerla con la boca sin utilizar las manos y, por la cuenta que nos tiene, a lo largo de la inmersión comprobaremos su funcionamiento.

Cuando la distancia o el tiempo que tenemos que permanecer compartiendo aire con el compañero no son cortos este sistema de latiguillo largo es tremadamente cómodo y lo único que hemos hecho respecto a la configuración estándar es cambiar un latiguillo y poner una goma.



Estándar tipo I.



Llevar la segunda etapa secundaria (el octopus) a la izquierda es lo mas razonable si consideramos que su objetivo es que la use un compañero con el que compartimos aire.



Con una simple goma podemos llevar el octopus sin arrastrarlo y en un lugar destacado.



Estándar tipo II.

Si hacemos el cambio tenemos que practicar la forma de ofrecer ahora nuestro regulador al compañero y sobre todo una vez que estamos bajo el agua tenemos que comprobar que el latiguillo se despliega libremente.

Mientras que probamos la segunda etapa que se sujetá por la goma o permanecemos en la superficie se debe “clipar” (enganchar con un mosquetón de clip) la segunda etapa principal para que no quede arrastrando.

Configuración con dos reguladores

Un paso más en la seguridad consiste en llevar dos reguladores: configuración tipo III. De esta forma una avería en uno



Llevar la segunda etapa principal de una longitud de 1'5 ó 2 m permite compartir aire con más comodidad y reaccionar de una manera más segura.



Hay que practicar la forma de ofrecer ahora nuestro regulador al compañero.

de ellos como que se ponga en flujo constante o que salte la junta tórica de la conexión al grifo se puede resolver cerrando ese grifo y manteniendo la respiración por el otro regulador.

En ese caso nos encontramos en una situación casi de emergencia porque aunque podemos seguir utilizando el aire de la botella ya no podemos compartirlo con nuestro compañero. Las condiciones de la inmersión y el tiempo que llevemos en ella aconsejan que iniciemos el ascenso o el regreso.

Si no lleváramos los dos reguladores la situación sería claramente de emergencia porque al quedarse inutilizado el equipo de uno de los dos buceadores hay que iniciar el ascenso inmediatamente. Luego, en inmersiones más profundas o que requieran paradas de descompresión hay que llevar dos reguladores.

Lógicamente, para llevar dos reguladores necesitamos una botella con dos grifos u una bibotella. Luego hablaremos con más detalle las ventajas de utilizar una bibotella.

Pero llevar dos reguladores no supone llevar cuatro segundas etapas y dos manómetros, etc. Podemos reducir el número de elementos en beneficio de la sencillez y comodidad. Llevar “de todo y mucho” no es una garantía de seguridad, puede que las posibilidades de engancharse, liarse y no encontrarlo aumenten.

Volvamos la vista al buceo técnico y observemos como se distribuyen entre los dos reguladores las segundas etapas, infladores y manómetros, en base a lo que la experiencia ha sugerido.

De los dos reguladores uno quedará en el lado derecho de los hombros del buceador y el otro en el lado izquierdo. Esa posición nos sirve para diferenciarlos.

De la primera etapa derecha sale la segunda etapa del latiguillo largo y el inflador del jácket que va cruzado. Y de la primera etapa izquierda salen: el latiguillo corto de la segunda etapa secundaria, el manómetro y el inflador del traje seco si lo llevamos, que también va cruzado.

La longitud de los latiguillos de la segunda etapa corta, de los infladores y del manómetro puede elegirse de manera que cumplan su función y a la vez sean lo mas cortos posible. Así se evitará que sobresalgan y se reducirá el rozamiento y la posibilidad de enganche.

Sujetando el manómetro con un mosquetón no quedará ningún latiguillo suelto ni llevaremos nada que arrastre por el fondo. Nuestra seguridad y los seres vivos que allí viven nos lo agradecerán.

Este tipo de configuración requiere una serie de maniobras con los grifos en caso de emergencia. En el caso de una monobotella con dos grifos si no llegamos bien a ellos, nuestro compañero debe conocer lo que supone abrir o cerrar cada uno de ellos para que en caso de emergencia los manipule.

Si llevamos una bibotella los grifos estarán más accesibles y el propio buceador debe acostumbrarse a manipularlos él mismo para actuar en una situación de emergencia.

Una bibotella de 2x10 o 2x12 no solamente contiene más aire que cualquier monobotella, sino que además es un sistema más seguro. Por eso en el buceo técnico también de forma unánime se adopta esta configuración.

Con una bibotella que tenga los grifos comunicados y con un “manifold” (aislador) si hay un fallo en unos de los “postes” (así se denomina cada uno de los grifos con su primera etapa) podremos cerrar ese grifo y aprovechar esa botella manteniendo la comunicación o, si no es posible evitar la fuga de aire, aislarla cerrando la comunicación y de esta forma no perder la carga de la otra botella.



No debemos olvidar

1. En la configuración estándar tipo I con un solo regulador el octopus sale por el hombro izquierdo.
2. La configuración estándar tipo II no solo es más cómoda para compartir aire sino que permite una reacción más rápida ante una emergencia.
3. Una configuración estándar tipo III con latiguillo largo y dos reguladores es la más apropiada para inmersiones profundas.
4. La configuración estándar tipo III de dos reguladores con una bibotella con manifold es la más segura que se puede adoptar.
5. La configuración general del equipo debe ser la más sencilla y segura, eligiendo bien los instrumentos que se van a llevar, el cómo y dónde hacerlo.
6. Cada buceador si no lleva la misma configuración que su compañero debe conocerla para prestarle ayuda en caso necesario.

Y del resto del equipo...

Debemos ocuparnos pero sin que nuestro afán por el bricolaje nos lleve a "decorar" el jácket o el ala como si fuese un arbol de navidad.

Casi todo está inventado y probado. Por eso conviene adoptar lo que en el buceo técnico se ha considerado como más práctico y seguro. Cuando las inmersiones son mas complicadas cualquier pequeño incidente con el equipo puede tener sus consecuencias.

No debemos llevar objetos que sobresalgan como, por ejemplo, la disposición en la figura del cuchillo en la traquea del jácket. Ya que, como se aprecia en la figura, un cabo puede engancharse, tirar de la tráquea hacia atrás y dejarla fuera de nuestro alcance.

En el agua la mayoría de los cabos sueltos flotan; no caen, se quedan a nuestro alrededor y es fácil liarse con ellos.

Debido a esa flotabilidad de los cabos, mosquetones que se utilizan para otros deportes en el agua dejan de ser seguros.

Si observamos en la figura de la siguiente página el mosquetón de la derecha, el cabo que pasa por él se puede liberar en el momento en que tiremos del extremo mas corto. ¡Haz la prueba y te sorprenderás!

Por eso y porque también puede atrapar involuntariamente otro cabo que haga una presión sobre él, no son seguros estos mosquetones.

Son los mosquetones como el que está a la izquierda en la citada figura los que son seguros. Con uno de este tipo debemos llevar el manómetro bien sujetado.

Cuantas menos cosas innecesarias llevemos y existan menos posibilidades de quedar enganchados al saltar al agua, pasar por un estrechamiento, rozar un sedal o una red, mejor.

Y por supuesto, lo que no puede faltar es la boyas con el carrete. Guardada en un bolsillo para que no se pierda o enganche, podremos sacarla y utilizarla cuando no podamos subir por un cabo y haya que hacer paradas y ser vistos en la superficie.

correcto



incorrecto



CUESTIONES - CAPÍTULO 3

1. Indica si es verdadero o falso

A.- El esfuerzo para exhalar el aire a través del regulador aumenta con la profundidad.

V F

B.- El esfuerzo para inhalar el aire a través del regulador puede que en algunos tipos de reguladores no aumente con la profundidad.

V F

C.- El caudal máximo que da un regulador se mide con las curvas WOB.

V F

D.- Para comparar las gráficas WOB de dos reguladores tienen que valorarse a la misma presión.

V F

2. Indica cuáles son las presiones máximas de trabajo para las conexiones:

A.- INT. _____

B.- DIN 200. _____

C.- DIN 300. _____

3. ¿Qué indica la marca HP en las conexiones del primer cuerpo del regulador?

4. ¿Qué se puede conectar allí?

5. ¿Qué indica la marca LP en las conexiones del primer cuerpo del regulador?

6. ¿Qué se puede conectar allí?

7. ¿Se podría enroscar por equivocación el latiguillo del inflador del jácket a la cámara de alta?

- 8.** El desplazamiento máximo de la válvula de baja de un sistema Down stream ¿en que influye?

- 9.** Si al inspirar del regulador entra agua ¿ a qué dos averías puede deberse?

- 10.** Para que la presión de la cámara de baja de un regulador sea constante a lo largo de la inmersión independientemente de que vaya disminuyendo la presión de la cámara de alta (HP)...

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- Es necesario que el regulador sea de pistón _____
B.- Es necesario que el regulador sea de membrana _____
C.- Es necesario que sea de membrana o pistón compensados _____

- 11.** Indica si es cierto o falso

- A.- Para mezclar con un % de oxígeno mayor de 40 el regulador además de estar en servicio de oxígeno debe recibir todos los cuidados posibles para que no se contamine. _____ V F

- B.- Para utilizar aire enriquecido hasta el 40 % es muy conveniente utilizar un regulador que sólo se halla usado con botellas que se carguen solo con aire enriquecido. _____ V F

- C.- O bien, utilizar botellas cargadas con aire hiperfiltrado (con una cantidad de hidrocarburos que no supere los 0,1 mg/m³). _____ V F

- D.- El aire enriquecido con oxígeno depura todos los conductos por donde pasa y no hay que tener ningún cuidado especial con él. _____ V F

- 12.** ¿Por qué algunas primeras etapas diferencian una de las salidas de baja presión y la destinan a la segunda etapa principal?

- 13.** Comenta la siguiente frase:

Para evitar que un regulador se quede en flujo continuo porque el asiento de válvula (disco de silicona) esté ligeramente marcado tras largos períodos de no utilización, se puede manipular o doblar la palanca de la segunda etapa.

14. ¿Por qué al lanzar un equipo al agua, a menudo el regulador se pone en flujo continuo?

15. Indica si es cierto o falso.

A.- Cuanto menor sea el diámetro de la membrana de inhalación, menor será el esfuerzo de inhalación. V F

B.- Si al entrar al agua el regulador se pone en flujo constante bastará con poner el dedo frente a la boquilla y dejando que el agua entre en la cámara de la 2^a etapa. V F

C.- La palanquita "Pre Dive / Dive" (+/-) sirve, cuando se utiliza correctamente, para evitar el incidente anterior. V F

D.- La palanquita "Pre Dive / Dive" (+/-) en su posición (+) varía la tensión con que el muelle hace cerrar la válvula reduciendo el esfuerzo de inhalación. V F

16. Indica dos maniobras que es conveniente hacer cuando se abre el grifo de la botella con el regulador puesto:

17. En el caso de que no sea posible enjuagar el regulador sin quitarlo de la botella ¿qué tres cosas debemos hacer?

18. Indica si es cierto o falso.

A.- Un regulador de pistón no compensado al final de la inmersión cuando en la botella quedan 50 bar puede quedarse en flujo constante V F

B.- Un regulador de pistón no compensado puede ponerse en flujo constante al abrir el grifo o irse endureciendo según disminuye la presión de la botella V F

C.- Los reguladores que utilizan el sistema servo requieren un esfuerzo respiratorio medio pero dan un gran caudal V F

D.- El esfuerzo de exhalación depende de la elasticidad de la membrana de exhalación y de las dimensiones de la misma V F

- 19.** ¿Cuales son las ventajas de utilizar como compensador de flotabilidad una placa y un ala?

- 20.** En una configuración estándar tipo I con monobotella y longitudes estándar de los latiguillos ¿En que posición (por la derecha o por la izquierda) respecto al buceador deben estar montados?...

EL LATIGUILLO DE...

POSICIÓN

Segunda etapa principal	<input type="text"/>
Segunda etapa secundaria	<input type="text"/>
Inflador del jácket	<input type="text"/>
Inflador del traje seco	<input type="text"/>
Manómetro	<input type="text"/>

- 21.** En una configuración estándar tipo II con monobotella y segunda etapa principal con latiguillo largo ¿En que posición (por la derecha o por la izquierda) respecto al buceador deben estar montados?...

EL LATIGUILLO DE...

POSTE

Segunda etapa principal	<input type="text"/>
Segunda etapa secundaria	<input type="text"/>
Inflador del jácket	<input type="text"/>
Inflador del traje seco	<input type="text"/>
Manómetro	<input type="text"/>

- 22.** En una configuración estándar tipo III con bibotella con manifold, dos reguladores y segunda etapa principal con latiguillo largo ¿en que regulador deben conectarse (en el poste derecho o en el poste izquierdo) deben estar montados?...

EL LATIGUILLO DE...

POSICIÓN

Segunda etapa principal	<input type="text"/>
Segunda etapa secundaria (Octopus)	<input type="text"/>
Inflador del jácket	<input type="text"/>
Inflador del traje seco	<input type="text"/>
Manómetro	<input type="text"/>

- 23.** Por qué cuando se lleva un latiguillo largo se utiliza esa etapa como principal y es la que se pasa cuando nos piden aire?

24. Indica como se podrían resolver los siguientes incidentes utilizando cada una de las configuraciones tipo I, II y III.

Segunda etapa principal en flujo constante

Tipo I
Tipo II
Tipo III

Segunda etapa secundaria en flujo constante

Tipo I
Tipo II
Tipo III

Flujo de aire en la conexión regulador/grifo

Tipo I
Tipo II
Tipo III

Golpe en un grifo que provoca fuga de aire en la conexión regulador/grifo y bloqueo del mando de cierre de ese grifo

Tipo I
Tipo II
Tipo III

Capítulo 4

Inmersiones con un mayor grado de dificultad

En este capítulo vamos a considerar como debe adaptarse el buceador a unas condiciones que bien por las propiedades del ambiente donde se desarrolla la inmersión (inmersiones nocturnas, en aguas frías, sin visibilidad o en grutas) o por las condiciones del mar, son mas exigentes. Pero no vamos a tratar las inmersiones "técnicas" (bajo hielo, en cuevas, pecios, etc) que requieren unos cursos de formación especiales.

EL BUCEO EN AMBIENTES ESPECIALES Y EN AMBIENTES DE BUCEO TÉCNICO

Vamos a conocer

- 1. Las diferencias entre el buceo deportivo en ambientes especiales y el buceo técnico.**
- 2. Las recomendaciones más importantes para el buceo nocturno.**
- 3. Las recomendaciones más importantes para el buceo con mala visibilidad.**
- 4. Las recomendaciones más importantes para el buceo en grutas marinas.**
- 5. Las recomendaciones más importantes para el buceo en aguas frías.**

Hasta ahora, como Buceador 2 Estrellas has experimentado las sensaciones de bucear hasta 30 metros y alguna que otra vez, en condiciones un tanto excepcionales, lo has hecho en barcos hundidos, de noche, con poca visibilidad, en pequeñas cavidades marinas o en aguas excesivamente frías.

En los ambientes donde normalmente realizamos el buceo deportivo, al margen de que la orientación por el fondo pueda ser más o menos complicada existe una peculiaridad común: en caso de emergencia podemos ascender directamente a la superficie.

Aun así las condiciones existentes para realizar el regreso u orientarnos (visibilidad, corrientes, etc.) pueden incrementar las dificultades para conseguirlo. Decimos entonces que buceamos en ambientes especiales dentro de la práctica del buceo deportivo.

Pero hay otro tipo de ambientes todavía mas complicados. Cuando no podemos ascender directamente a la superficie porque tenemos el techo virtual de una descompresión prolongada o el techo real de una cueva o de una placa de hielo, entonces, además de resolver todos los incidentes en el fondo hay que encontrar el lugar apropiado por donde ascender o salir. En estos casos se necesitan conocimientos, técnica, experiencia y saber utilizar los utensilios adecuados, todo lo que se adquiere mediante una formación específica. Por eso a este tipo de inmersiones las denominamos técnicas y al ambiente donde se producen también lo denominamos como ambiente técnico.

Una inmersión técnica sólo debe realizarse cuando el buceador ha cursado la especialidad correspondiente.

Sin embargo, la línea que separa el buceo en un ambiente deportivo de uno técnico a veces no es muy nítida. Por ejemplo, en una inmersión a 28 m tenemos

que seguir un plan de ascenso que supone realizar una parada de descompresión de 3 minutos a tres metros. Existe el techo virtual de la parada de descompresión a 3 m pero es tan poco tiempo el que debemos permanecer allí que, salvo que le ocurra algo a uno de los buceadores como, por ejemplo, un mareo, un corte profundo, etc. podremos cumplirlo. La cantidad de gas que necesitamos respirar en esa parada es pequeña y no tiene porqué ser un impedimento para hacerlo.

Mas ejemplos: si nos sumergimos para ver un barco hundido ¿podemos considerar esa inmersión como técnica si no entramos en él y sólo atravesamos el puente del barco que está techado y tiene un recorrido de cuatro metros? ¿Y si visitamos una cueva que tiene 5 m de ancho, tres de alto y 6 m de profundidad?...

Las respuestas no pueden ser categóricas. Las condiciones que rodeen cada situación serán determinantes para considerarlas como inmersiones técnicas o no. Pero un B3E debe tener criterio para reconocer lo que es una inmersión técnica y lo que no lo es, entre otros motivos porque además de su seguridad, la de otros buceadores con menos formación puede que también dependa de él.

En este capítulo describiremos las características de esos ambientes especiales dentro del buceo deportivo como son el buceo nocturno, el buceo con mala visibilidad, alrededor de barcos hundidos, en grutas y con corrientes. Las recomendaciones que vamos a dar completaran la experiencia y formación que tienes como buceador y podrás incrementar la seguridad de tu buceo en esos ambientes.

No vamos a explicar como realizar las inmersiones de buceo técnico. Eso es materia de los cursos de formación de las especialidades correspondientes. Lo importante es saber que los riesgos que se asumen por bucear fuera de los ambientes del buceo deportivo pueden ser considerables. Un B3E tiene que saberlo y actuar de forma responsable, incluso llegado el caso, debe convencer a sus compañeros de inmersión para que no tomen riesgos innecesarios buceando donde no tienen que hacerlo.

FEDAS tiene actualmente un plan de formación de buceo técnico con las especialidades de Buceo en Pecios, Buceo en Grutas, Nítrox Técnico, Buceo con Trímix y Buceo bajo Hielo. Si estas interesado en ampliar tus conocimientos y perfeccionar tu técnica en estos ambientes te recomendamos que te pongas en contacto con tu Instructor para que te explique como puedes hacer estas especialidades.



La especialidad de buceo nocturno no es una especialidad de buceo técnico, se puede cursar incluso siendo un B1E.

En líneas generales, la falta de luz en una inmersión nocturna supone:

1. Tenemos una dependencia total de una fuente de luz bajo el agua. No sólo hay que disponer de ella, hay que saber usarla y tomar las medidas necesarias para que no falle durante toda la inmersión.
2. Para garantizar nuestra seguridad y que podamos ser vistos en el fondo y en la superficie tenemos que llevar una señalización que se vea de noche.
3. La orientación en el fondo se complica por la falta de referencias. Tendremos que elegir recorridos sobre fondos muy conocidos que faciliten la orientación y disponer, si es necesario, de referencias luminosas en el cabo de fondeo o en la costa para orientar nuestro regreso.
4. Esa falta de referencias también puede afectar al control que vayamos haciendo de la flotabilidad. Sólo los objetos iluminados del fondo, una pared o un cabo son una referencia para saber si subimos o bajamos. Hay que estar muy atentos para no realizar un ascenso incontrolado.
5. La comunicación con nuestro compañero tiene que ser fundamentalmente con señas luminosas o mediante objetos iluminados. Lo cual nos obliga, no sólo a saber realizar y contestar esas señas sino, también, colocarnos en la posición adecuada para estar cómodos y permanecer pendientes el uno del otro sin deslumbrarse.

Todas estas cuestiones son tratadas a lo largo del estudio de la especialidad de buceo nocturno ahora solo vamos a recordar lo que es imprescindible para desenvolvernos en este “ambiente especial”.

¿Cuántas linternas, dónde y cómo las llevamos?

Lo razonable es que con nuestra linterna podemos garantizar iluminación no solo para toda la inmersión sino para un tiempo superior: un 50% más. Así tendremos un margen de seguridad.

Pero llevar una linterna cuyas baterías nos garanticen una duración adecuada no es suficiente, hay que llevar además de la principal otra linterna de reserva. La razón es evidente: por si falla la principal; por las baterías o por una avería.



Manos libres:
Comodidad y seguridad.

También es una norma de seguridad que todas las linternas vayan unidas a una parte del equipo mediante mosquetones u otros sistemas de forma que aunque se suelten de la mano o se salgan del bolsillo nunca se puedan caer y/o perderse.

En cuanto a la forma de iluminar con la linterna, debemos hacerlo de manera que el cono luminoso esté dirigido la mayoría del tiempo hacia abajo en dirección oblicua al fondo. Iluminaremos moviendo ligeramente la linterna de un lado a otro y poniendo especial cuidado para **no iluminar directamente a los ojos** de un compañero y deslumbrarle.



Posición correcta para iluminar el fondo.

La iluminación para que nos vean

¿Pero quién queremos que nos vea? Es importante establecer la respuesta porque no es lo mismo que queramos ser vistos por nuestro compañero o por el tripulante de una embarcación que viene a buscarnos. Nuestro compañero necesitará una luz de poca intensidad porque él está cerca y si la luz es muy intensa permanecer a nuestro lado puede ser molesto. Sin embargo, el tripulante de la embarcación que nos busca estaría encantado de que lleváramos en la cabeza una luz del tamaño de un faro.

Para que nos vea nuestro compañero necesitamos fuentes de luz que se vean bien pero que no deslumbren como las luces químicas o un miniflash.

Para que nos vean muy bien en situaciones de emergencia, llamar la atención de un compañero que se ha separado del equipo, que nos vengan a recoger en superficie o para que una embarcación desvíe su derrota de nuestra posición, necesitamos luces de señalización mas potentes y "todo horizonte" para que se vean desde cualquier ángulo. Las mas apropiadas son las linternas estroboscópicas y las balizas reflectantes.

Luces de referencia

Si la inmersión es desde un barco necesitamos que esté visible para acercarnos a él por la superficie. Las luces de fondeo de la embarcación suelen ser suficientes si están altas pues esa es su misión: indicar la posición del barco. Si en la misma zona de buceo hubiese varios barcos sería muy oportunio que existiera alguna luz más para diferenciarlos.

También las luces pueden ayudarnos a orientarnos por el fondo. Si dejamos en el cabo del ancla, a 6 metros de profundidad, un estrobo encendido, el regreso por el fondo puede hacerse directamente hacia su señal sin perder tiempo en orientarse por la morfología del fondo.

Si la inmersión es desde playa también hay que utilizar luces para orientarnos. Puede que las luces de las viviendas o del alumbrado público que haya en la playa nos sirvan. En ese caso, sólo tendremos que comprobar al meternos al agua como se ven desde allí y elegir cuáles vamos a establecer de referencia. Pero si no existen esas luces hay que dejar a alguien en la playa con una luz que se vea desde el mar, que se preocupe de que no se apague y para que esté atento a los buceadores que salgan a superficie.



Luces químicas.



Miniflash.

La comunicación con el compañero

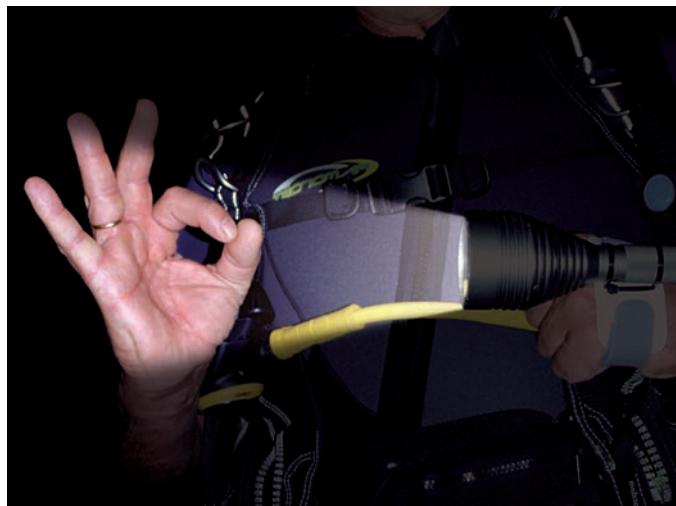
Podemos hacer cuatro tipos de señas

A. Señas diurnas que se hacen iluminando la mano que las ejecuta.

Son aquellas señas que se utilizan en una inmersión de día y que sirven para indicar, por ejemplo: OK, algo va mal, ¿qué presión te queda?, he entrado en reserva... y que sólo necesitan una mano para hacerse.

Se hacen en las proximidades del compañero y cuando hemos llamado su atención y consideramos que nos está mirando.

Conviene repasarlas antes de sumergirse para comprobar que se entienden.



Seña tipo A.

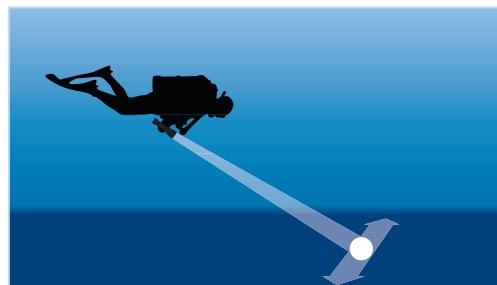
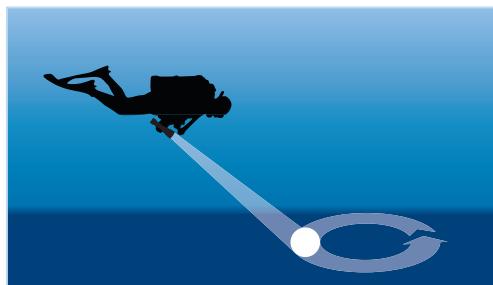
B. Describiendo con el cono de luz de la linterna.

Se hacen cuando se está a una distancia a la que no se puede deslumbrar al compañero. Podemos indicar:

1. Un círculo para pasar la señal de OK.
2. Subiendo y bajando el foco lentamente (o con movimiento lateral) llamamos la atención.
3. Subiendo y bajando el foco rápidamente (o con movimiento lateral) indicamos que algo va mal.



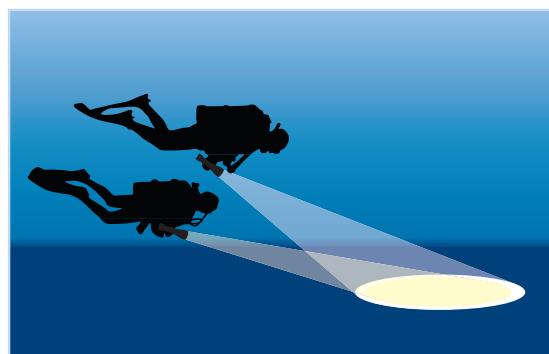
Señas tipo B con la linterna procurando no deslumbrar.



Señas tipo C con la linterna en el fondo.

C. Dibujando con el haz de luz sobre el fondo un círculo o rectas.

Si los dos buceadores iluminan hacia delante, hacia abajo y entre ellos; haciendo coincidir sus discos de luz o manteniéndolos muy próximos, podrán trazando círculos de luz sobre el fondo hacer el

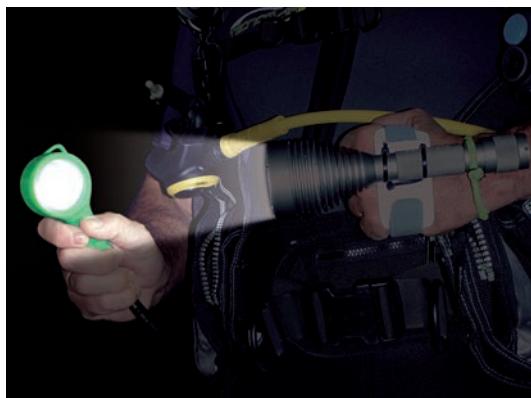


Siempre un círculo de luz sobre el otro..

OK o desplazando el haz de luz de un lado a otro llamarse la atención. Es la forma más cómoda para estar en contacto entre los buceadores porque, además, observando el fondo tendrán siempre referencias para controlar la flotabilidad. Sólo hay que establecer de antemano quien va a la derecha o a la izquierda.

D. Enseñando directamente el manómetro o el ordenador de buceo.

Para pasar el dato de la presión de la botella seguramente que nos faltarán manos para hacer la señal y a la vez iluminarla, por eso lo más eficaz es enseñar a nuestro compañero el manómetro a la vez que se lo iluminamos. Lo mismo ocurre si queremos indicar el tiempo límite o la profundidad máxima que indica el ordenador, también se lo podemos enseñar iluminado. En ambos casos debemos esperar la señal de OK que él nos haga para asegurarnos de que ha entendido la lectura del aparato.



Enseñando el manómetro.

Dónde y cuándo bucear de noche

La elección del lugar de inmersión es muy importante para la seguridad de los buceadores.

En primer lugar debe ser una zona conocida. Las dificultades que tiene la orientación en el fondo de noche sólo se compensan si la zona es conocida porque se bucea allí de día o porque su orografía no deje margen de dudas para estar orientado durante toda la inmersión.

En segundo lugar debe ser una zona protegida del oleaje y de las corrientes. En las condiciones de una inmersión nocturna resulta peligroso incrementar el riesgo de perderse, quedar a la deriva o golpearse contra un rompiente por culpa del estado de la mar.

En una inmersión nocturna necesitamos buen tiempo y buena mar. Las condiciones del mar y la visibilidad para realizar la inmersión deben ser más exigentes que para una inmersión diurna.



Barco con luz de fondeo.

No debemos olvidar

1. *Antes de la inmersión, comprobar la carga de las baterías (poniendo pilas nuevas o recién cargadas), de la linterna principal y de la de reserva.*
2. *Revisar el equipo como habitualmente hacemos asegurándonos de llevarlo todo recogido, guardado y trincado. Comprobando especialmente la sujeción de las linternas.*
3. *Bucear en una zona conocida y fácil para orientarse.*
4. *Bucear sólo si el tiempo y el estado de la mar son muy buenos.*
5. *Colocar, si salimos desde una playa o desde un barco, luces de señalización que se vean desde el agua y personas atentas a la salida de los buceadores.*
6. *Colocar en el fondeo o por la zona de salida de la playa una señalización luminosa bajo el agua.*
7. *Revisar las señas que vamos a utilizar con nuestro compañero, especialmente las del buceo nocturno.*
8. *Avanzar en paralelo con el compañero iluminando juntos el fondo, sin deslumbrarle y pasándole las señas luminosas accordadas.*
9. *No formar, si es posible, equipos de buceadores muy numerosos.*
10. *Vigilar además de la profundidad, tiempo y presión de la botella como en toda inmersión, la FLOTABILIDAD E INTENSIDAD de la luz de nuestra linterna.*
11. *En el caso de que un buceador se quede sin luz debe unirse estrechamente a su compañero y no separarse de él hasta la salida del agua.*

INMERSIONES CON MALA VISIBILIDAD

En determinadas situaciones, bien porque la mala visibilidad es el estado natural de sus aguas (lagos y pantanos) o porque han adquirido esa condición debido, por ejemplo, a unas lluvias o un temporal, la orientación durante una inmersión por el fondo puede ser difícil.

En estas condiciones lo primero que debemos evitar es realizar grandes desplazamientos si queremos regresar a un punto para ascender.

Más que nunca debemos permanecer en contacto visual con nuestro compañero y el resto de los buceadores del equipo. Por tanto, disminuiremos la distancia que nos separa y si es necesario nos uniremos con un cabo con dos mosquetones (Jon line) reduciendo lo máximo posible el número de buceadores que formen los equipos.

Este tipo de inmersiones tienen un grado mayor de dificultad debido a la difícil orientación por el fondo y, también, por el estrés que produce la mala visibilidad. Por estos motivos no son inmersiones aconsejables para buceadores con poca experiencia. El hecho de que no podamos disfrutar con la contemplación del entorno subacuático es otra razón más para desistir de su realización.

El uso de determinados sistemas de iluminación cuando hay muchas partículas en suspensión resulta inútil e incluso molesto, la luz al ser reflejada en las partículas producirá un efecto similar a las luces de largo alcance en un coche un día de intensa niebla. Sin embargo, fuentes de luz que indiquen nuestra posición es conveniente llevarlas.

No dudemos en utilizar un carrete y desplegar una línea si consideramos que no hay muchas garantías de regresar al punto de partida. La forma de usarlo es sencilla: fijamos el extremo del cabo a una roca próxima al fondeo y vamos desenrollando el cabo del carrete según nos alejamos, para regresar solo tenemos que ir recogiéndolo. No es necesario realizar una instalación del hilo, con darle alguna vuelta alrededor de una piedra o saliente para que este tenso y no se enrede es suficiente. No es seguro fijar el cabo al fondeo por si desde la embarcación se ven obligados a maniobrar y lo levantan.

Cuidado con determinados lagos en cuyos fondos encontraremos excesiva vegetación, edificaciones sumergidas o restos de materiales que se hayan arrojado, ya que podemos quedar enganchados en los mismos. En estas condiciones no se debe bucear pegados al fondo y hay que vigilar que con nuestro aleteo no se levante sedimento.

No debemos olvidar

1. Evitar realizar grandes desplazamientos si queremos regresar a un punto para ascender.

- 2. Permanecer en contacto visual con nuestro compañero reduciendo la distancia e incluso uniéndonos por un cabo.**
- 3. Reducir al máximo el numero de buceadores que formen el equipo.**
- 4. Utilizar un cabo guía si consideramos que va a ser imposible o muy difícil encontrar el camino de regreso.**
- 5. Mantenernos separados de fondos en los que nos podamos enganchar o levantar el sedimento.**

EL BUCEO EN PECIOS Y RESTOS SUMERGIDOS

Una de las inmersiones que suele recordar todo buceador es la primera vez que lo hizo en los restos de un barco hundido. A estos restos se les conoce comúnmente como “pecios”. También hablamos de pecios cuando son de otro tipo los restos sumergidos, como construcciones artificiales sumergidas o incluso aviones u otros medios de transporte (alguno se habrá encontrado desgraciadamente con los restos de un coche o motocicleta en el fondo).

Pese a ser inmersiones muy atractivas entrañan una serie de peligros a tener en cuenta a la hora de realizarlas.

Introducirse en el interior de un pecio para explorarlo requiere: Utilizar un cabo guía como en todas las inmersiones bajo techo, el conocimiento del estado de la estructura del pecio, una técnica especial para desplazarse y mantener la flotabilidad y una configuración del equipo que reduzca la posibilidad de engancharse o quedarse atrapado en él. Todo lo que se aprende en el curso de la especialidad de buceo en pecios. Estamos en un ambiente de buceo técnico.

De lo contrario podemos encontrarnos atrapados en su interior por nuestra desorientación, el hundimiento de una plancha del barco o un enganche. En esas circunstancias el tiempo comienza a correr más deprisa, la presión en el manómetro a bajar también vertiginosamente y...

Los pecios suelen tener muchas partes que sobresalen del mismo donde podemos quedar enganchados con nuestro equipo de buceo, además por su morfología pueden tener zonas extremadamente afiladas o cortantes en las que podemos hacernos daño fácilmente si no extremamos las precauciones.

Se recomienda, por tanto, bucear por los alrededores del pecio intentando no tocar nada; ni aletear descontroladamente sobre él. Hay que evitar impactar



Sin la formación adecuada no debe introducirse nunca un buceador dentro de un pecio.



Los restos arqueológicos no debemos sacarlos del fondo o cambiarlos de sitio.

Por ese motivo hay que elegir planes de ascenso conservadores para incrementar la seguridad.

Cuidado al descender a las bodegas abiertas que están por debajo de la cubierta, aunque no tengan techo estaremos descendiendo entre 3 y 5 m más y puede que esa profundidad supere la máxima prevista.

Si durante una inmersión encontráramos por casualidad restos de un naufragio no identificado deberemos notificarlo a las autoridades para que queden correctamente localizados y catalogados. Hay que tener en cuenta que pueden provocar enganches con las redes de las embarcaciones pesqueras que puedan faenar por esa zona.

Así mismo, si observamos restos arqueológicos no deberemos tocar nada ya que la legislación prohíbe la extracción de estos restos por personal no autorizado. Porque, además, de la distribución de estos restos por el fondo se puede obtener una información fundamental para conocer como fue el naufragio etc. Notificando el hallazgo preservaremos nuestro patrimonio histórico y podremos conocer mejor el pasado de nuestros mares.

BUCEO EN GRUTAS

Las grutas submarinas poseen ese atractivo especial que despierta en el buceador la curiosidad de ese explorador que todos llevamos dentro. La escasa o nula iluminación, el entorno tan diferente y el refugio allí de algunas especies diferentes hacen de estas cavidades un lugar espectacular que aviva nuestra imaginación.

A pesar de que normalmente llamamos cuevas a todas las cavidades sumergidas, según la dificultad y el peligro que encierran vamos a clasificarlas en dos grupos que denominaremos de manera diferente. Al primer grupo las llamaremos *grutas* y a las del segundo *cuevas o cavernas*.

Consideramos como *grutas* a esas cavidades que nos encontramos buceando en el mar en una pared, a escasa profundidad, en las que nunca perdemos la visión de la entrada y cuya morfología permite al buceador desplazarse sin dificultad por su interior. Es decir, que son lo suficientemente amplias para no rozarnos con sus paredes o techos, donde no existen bifurcaciones laterales en las que podríamos perdernos y que durante el desplazamiento por las mismas podemos mantenernos a cierta distancia del fondo.

Dejaremos la denominación de *cuevas* para las cavidades que no cumplen estos requisitos, son angostas y es muy fácil perderse o quedarse sin visibilidad.

Las grutas pueden ser visitadas de forma segura por cualquier buceador deportivo siguiendo una serie de recomendaciones, sin embargo, las cuevas o cavernas exigen una formación y experiencia que se adquieren realizando los cursos de especialidad. Las cuevas y cavernas son ambientes técnicos.

Las grutas suelen ser cavidades conocidas por muchos buceadores que se visitan en lugares de inmersión comunes. Pero, ¡cuidado!, cuando un equipo de buceadores encuentre una cavidad que no sea conocida como una gruta por alguno de ellos y se explore por primera vez, las precauciones deben ser máximas.

No puede existir confusión, penetrar en una cueva o caverna sin formación y medios es una irresponsabilidad que algunos han pagado con su vida. El camino que parece fácil de recordar, a la vuelta se convierte o en un laberinto o en un telón infranqueable de color marrón en el que ni siquiera la luz de nuestra linterna es útil. La trampa se cierra, el pulso del buceador se desboca, la presión de la botella cae con la misma rapidez y solo un milagro puede salvarle.

Lo primero que debemos comprobar antes de entrar en cualquier gruta es si llevamos el aire suficiente. Debe existir suficiente margen como para que, considerando el tiempo que vamos a estar dentro, podamos realizar el regreso y el ascenso que tenemos programados.

Lo segundo es que debemos mirar constantemente hacia atrás y comprobar que seguimos viendo la luz del exterior. Nunca hay que dejar de verla. Cuando el extremo por el que hemos entrado empieza a no estar nítido hay que volver.

Podemos utilizar el hilo de un carrete fijado en el exterior para conocer el camino de vuelta pero como un elemento más de seguridad. A pesar de tenderlo hay que seguir viendo la luz de la entrada.

No nos debemos fiar de que un hilo que esté instalado en la gruta nos sirva para el regreso. A pesar de que exista hay que seguir viendo la luz de entrada.



Moverse en una cueva tiene un alto grado de dificultad.

Cuando dudemos si es una gruta o no, hay que tomar las siguientes precauciones:

1. Calculamos el aire que podemos utilizar para avanzar dentro de la gruta: A la presión de aire que tenemos le quitamos la presión del aire que necesitamos para volver al lugar de ascenso y lo que queda lo dividimos por tres. Por ejemplo, tenemos 175 bar y queremos salir de la gruta con 100 bar para volver hasta el fondeo, luego, tenemos 75 y si dividimos por 3 nos queda 25 bar. Eso quiere decir que podemos entrar en la gruta y cuando tengamos 150 bar en la botella ($175 - 25$) debemos volvernos y salir. Esta regla se denomina de los tercios porque gastamos uno y dejamos dos para salir, así tenemos una reserva –el tercer tercio– para una situación de emergencia.



En una gruta nunca se debe perder de vista la luz de la salida.

2. Entrar de dos en dos quedándose siempre alguien fuera para pasárselas señas regularmente de que todo va Ok .
3. Vigilar en todo momento que no se pierde la referencia de la luz de la entrada.
4. Comprobar que no se está levantando el sedimento del fondo y hacerlo sólo unos pocos metros (asomarse al interior).
5. Es imprescindible llevar un foco o linterna con la potencia necesaria para poder observar la gruta correctamente e indicar nuestra posición. Hay que aplicar lo que hemos visto en el apartado de buceo nocturno para utilizar las luces y tener mucho cuidado para no iluminar la cara del compañero y deslumbrarle.
6. Hay que mantener flotabilidad neutra para no remover el fondo y para no tocar el techo ya que en ambos casos la visibilidad podría complicarse y, además, se dañarían los organismos que se adhieren al techo, a las paredes o al suelo. Para no remover el fondo es conveniente doblar las piernas por las rodillas en ángulo recto o utilizar la patada de rana en el aleteo.

7. El número de buceadores no debe ser excesivo, dependerá de la anchura de la gruta. Hay que tener en cuenta que a la vuelta, si no hay otra salida, todo el grupo tiene que girar 180 grados manteniendo las parejas y el orden establecido.
8. Si al intentar entrar en la gruta comprobamos que la visibilidad no es buena a causa de que antes otro grupo de buceadores ha removido el fondo, esperaremos a que mejore la visibilidad o desistiremos de hacerlo porque corremos el riesgo de no ver bien la salida y de no disfrutar con la visita.
9. Durante la estancia en la gruta hay que vigilar si aparecen signos de nerviosismo o estrés en los compañeros, sobre todo si es la primera vez que alguno de ellos la visita. Existen personas que buceando muy bien en mar abierto se encuentran muy incómodas dentro de una cavidad por la sensación de claustrofobia que les produce. Recordad: lo que para nosotros puede estar siendo agradable para otros puede que sea motivo de preocupación e incluso de desasosiego y nerviosismo.

No debemos olvidar

Las condiciones para entrar a una gruta son:

- 1. Qué sea conocida por alguno de los buceadores.**
- 2. Qué con las linternas que llevamos podamos iluminar sus paredes y ver su distribución.**
- 3. Qué el agua no esté turbia por la presencia de otros buceadores.**
- 4. Qué su anchura y altura permitan el desplazamiento en sentido contrario por lo menos de una pareja de buceadores bien separados del fondo.**
- 5. Hacerlo a lo largo de una distancia durante la cual no se pierda de vista la luz de la entrada (la claridad del exterior) en ningún momento y no tomar desvíos laterales.**
- 6. Qué no se levante el sedimento del fondo y se pierda la visibilidad necesaria para salir.**
- 7. Tener aire suficiente y volvemos siempre con dos tercios del que utilizamos en la ida más el necesario para el ascenso.**

BUCEO BAJO HIELO Y EN AGUAS FRÍAS

Cada vez está tomando más auge esta especialidad que se desarrolla en lagos de alta montaña y cuya superficie, a causa de las bajas temperaturas queda total o parcialmente helada.

En nuestro país el buceo bajo hielo se desarrolla principalmente en el Pirineo Aragonés, donde a estos lagos se les denominan "ibones", en el Pirineo Catalán y en los Picos de Europa. FEDAS tiene actualmente una escuela especializada en *buceo bajo hielo* en la que cada temporada se realizan jornadas técnicas de esta especialidad.

En el buceo bajo hielo se suman varias dificultades: estar bajo techo, tener un único punto de entrada y salida, y las bajas temperaturas.

Es un ambiente de buceo técnico. No sólo hay que encontrar la salida sino hacerlo a tiempo sin sufrir una hipotermia.

Se utilizan trajes secos y materiales específicos para aguas frías, conocimientos sobre la capa de hielo y la forma de abrir el agujero, montar un sistema de cabos de fijación, utilizar toda una serie de normas de seguridad y protocolos de actuación, etc. NO SE DEBE REALIZAR este tipo de inmersiones sin la formación recibida en la especialidad de buceo bajo hielo.

¿Y si no hay hielo pero el agua está muy fría?

Cuando se bucea en aguas frías, según los estándares del C.E.N. (Comité Europeo de Normalización) por debajo de los 10 °C, existe el riesgo de que suframos una hipotermia y de la congelación de nuestro regulador.

En el capítulo que hablamos de material tenemos todo un apartado sobre los reguladores y el frío. Sólo cabe añadir a lo que allí se dice que para evitar la congelación del regulador y su puesta en flujo constante no hay que purgarlo nunca en superficie o respirar de él antes de entrar al agua.

Hipotermia es el descenso de la temperatura interior de nuestro cuerpo (temperatura corporal central) por debajo de los 35° centígrados. La causa es la temperatura del agua.

Si el agua está muy fría y/o permanecemos demasiado tiempo sumergidos (inmersiones sucesivas) o no llevamos la protección térmica que impide la perdida constante de calor, entonces, el sistema termorregulador no consigue mantener la temperatura necesaria de aproximadamente 37° y ésta comienza a descender.

Hasta los 32° podemos considerar que la hipotermia es leve pero pasando de los 32° ya hay que considerarla como moderada y por debajo de los 30° como grave.

La bajada de temperatura va a acompañada de otros síntomas como: palidez cutánea, aumento diuresis (secreción de orina), temblores, aumento frecuencia respiratoria y cardiaca, pérdida de interés por el entorno, descoordinación, alteraciones de memoria, tendencia al sueño, arritmias, coma, disminución progresiva de las constantes vitales y muerte aparente.

Lo más importante es evitar que ocurra. De manera que cuando el agua esté fría debemos durante la inmersión vigilar la aparición de alguno de los síntomas citados (sobre todo la tiritona) e iniciar el ascenso.

Una hipotermia leve se puede tratar con un calentamiento pasivo exterior quitando las ropas mojadas, secando, cubriendo con ropa seca y protegiendo del viento en un habitáculo caldeado a 25°. El único inconveniente es que la recuperación será lenta subiendo la temperatura central corporal entre 0'1° y 0'7 ° a la hora.

No debemos olvidar

- 1. Las inmersiones en cuevas o cavernas, el interior de pecios y bajo hielo SOLO deben realizarse si se tiene la formación adecuada (curso de especialidad) los medios materiales adecuados y el equipo de buceadores tiene la experiencia apropiada para la inmersión que se va a realizar.*
- 2. En aguas frías el regulador se puede congelar y se ponerse en flujo constante.*
- 3. En aguas frías hay que llevar la protección térmica apropiada (traje seco, capucha, guantes...) e interrumpir la inmersión si la sensación de frío es excesiva o aparecen síntomas de una hipotermia.*

COMUNICACIÓN CUANDO NO NOS VEMOS

Si por la turbidez del agua o la falta de luz existe la posibilidad de que no podamos ver al compañero conviene que acordemos previamente con él las señas que podemos utilizar agarrándonos las manos.

Estas situaciones son excepcionales y cuando se producen lo que tenemos que hacer es iniciar el regreso o el ascenso terminando cuanto antes la inmersión. Por consiguiente, no es necesario que establezcamos un código de señales muy extenso, con tres señas es suficiente:

- LLAMADA DE ATENCIÓN: dos presiones en la mano.
- OK (pregunta o respuesta): tres presiones en la mano.
- NO ESTOY BIEN, EMERGENCIA: presiones continuadas en la mano.



Vamos a conocer

- 1. Qué previsiones debemos adoptar.**
- 2. Cómo desenvolvernos en la corriente.**
- 3. Qué hacer si nos lleva.**

Las corrientes son junto con las olas los movimientos del mar que más influyen en la comodidad y en la seguridad del buceo.

El movimiento del agua debido al oleaje desaparece con la profundidad por lo que no afecta al buceador en el fondo; sólo hay que considerarlo para tomar precauciones en las entradas y salidas de la inmersión por los rompientes o desde la embarcación.

En el curso de B2E ya se estudió lo que eran las corrientes y como debemos comportarnos cuando existan. En este apartado vamos a compendiar y recordar los procedimientos que allí vimos.

CONOCER LA CORRIENTE

Las corrientes pueden tener su origen en el desplazamiento que se produce del agua entre dos zonas de diferente densidad (provocada por la diferencia de temperatura o salinidad), en el empuje del viento (corrientes de arrastre), en la combinación de estos dos factores (corrientes oceánicas) o en el movimiento de las mareas.

Todas las corrientes están afectadas por la fuerza de Coriolis (por el giro de la Tierra), por lo que sufren una desviación hacia la derecha en el hemisferio Norte. También influyen en su trayectoria el perfil de las costas y la configuración de los fondos.

La dirección de las corrientes se expresa según la dirección a la que se dirigen. Si por ejemplo una corriente avanza desde el norte hacia el sur, se dice que esta corriente es Sur o que hace una dirección de 180°. Justo lo contrario a como ocurre con el viento, en donde se indica de donde viene, no a donde va. Su fuerza o intensidad se mide por su velocidad en nudos.

Corriente de marea

Al subir y bajar una importante masa de agua por la atracción de la Luna y del Sol, el agua se acerca a la costa (flujo) o se retira (reflujo) y debido a la orografía submarina ese caudal se canaliza dando lugar a las corrientes de marea tal y como las conocemos. La periodicidad de estas corrientes, la entrante (flujo) y la vaciante (reflujo) será la misma que la de las mareas por eso estas corrientes son absolutamente predecibles.

En el curso de B2E se explicó como se calcula la hora y las alturas de la pleamar y bajamar. Repasando ese procedimiento y con unas tablas de mareas hay que ser capaz de calcular la hora y la altura de la bajamar para cualquier puerto secundario de las tablas conocida la presión atmosférica y el día del año, y...

Recordemos:

1. Las horas que figuran en estas Tablas son T.M.G. (tiempo medio civil de Greenwich), que corresponden al Huso 0. Para tener horas oficiales súmese el adelanto vigente (una hora en invierno y dos en verano).
2. El 0 de la escala de mareas, al cual están referidos los cantiles de los muelles, está situado 2,63 m por debajo del nivel medio del mar y 0'38 m por debajo de la más baja de todas las bajamaras observadas.
3. Las alturas consignadas en estas Tablas, se cuentan sobre el nivel de la más baja de todas las bajamaras observadas. Para hallar el calado utilizable en un punto, en una marea determinada, se debe añadir 0'38 m a la suma de la sonda consignada para dicho punto en las cartas españolas con la altura de marea dada por la Tabla.
4. Las alturas de marea corresponden a la presión barométrica de 760 mmHg (milímetros de Mercurio).
5. Y las siguientes definiciones:

Marea alta o pleamar: momento en que el agua del mar alcanza su máxima altura dentro del ciclo de las mareas.

Marea baja o bajamar: momento opuesto, en que el mar alcanza su menor altura.

El tiempo aproximado entre una pleamar y la bajamar es de 6 horas, completando un ciclo de 24 horas 50 minutos.

Carrera o amplitud de marea: diferencia de altura entre pleamar y bajamar.

Rango micromareal: cuando la carrera de marea es menor de 2 metros.

Estoa de marea: es el momento en el que el nivel permanece fijo en la pleamar o en la bajamar.

Estoa de corriente: es el instante en que la corriente asociada a la marea se anula.

Marea viva, alta o sizigia: son las mareas que se producen con la Luna llena y la Luna nueva, cuando el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran alineados. La Marea Viva que se produce durante la fase de Luna Nueva se denomina "Marea Viva de Conjunción"; y la que se produce mientras tiene lugar la fase de Luna llena se llama "Marea Viva de Oposición".



Si hay corriente el descenso y el ascenso es mas seguro por un cabo.

corriente desaparece o se hace muy pequeña. Esos son los momentos en los que en aquellos lugares de inmersión donde se sienten las corrientes de marea se debe bucear. De todas formas lo mejor es elegir la hora de inmersión aconsejados por buceadores que estén muy acostumbrados a bucear en ese sitio.

Recordemos que la orografía del fondo y las condiciones climatológicas influyen en la intensidad de las corrientes de marea y si no conocemos bien la zona no hay que dejarse sorprender por una corriente excesivamente fuerte por eso insistimos en que se debe consultar con quien conozca mejor la zona. Una corriente superior a dos nudos es una corriente que para el buceo es excesivamente fuerte.

Otros tipos de corriente

Las corrientes que no son periódicas como las de marea son difíciles de predecir.

La experiencia y el conocimiento del lugar pueden ayudar a predecir el comportamiento del mar y la aparición de corrientes. Por ejemplo, puede ser muy normal que en una zona de la costa con un viento y una dirección de las olas determinados aparezca siempre la misma corriente costera o de arrastre.

En todo caso, si no lo sabemos o las predicciones fallan, será nuestra observación al llegar al lugar de inmersión lo que nos haga tomar la decisión final de bucear o no y, en caso afirmativo, como hacerlo.

Marea muerta, baja o de cuadratura: son las mareas que se producen durante las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante, cuando las posiciones de la Tierra, el Sol y la Luna forman un ángulo aparente de 90°.

Puerto patrón: son los puntos geográficos para las cuales se calcula y publica la predicción de fecha y altura de marea.

Puerto secundario: son puntos geográficos de interés para el navegante pero que no tienen publicado un cálculo de predicción de mareas, pero si una corrección en cuanto a hora y altura que los refiere a un puerto patrón y mediante la cual se puede determinar igualmente los datos de marea.

Existe un intervalo de tiempo entre el cambio de mareas, próximo a la bajamar y a la pleamar, llamado “**repaso**” o “**repunte de marea**”, donde la

La superficie del agua puede darnos una pista de lo que ocurre. Si observamos irregularidades en su aspecto: zonas que parece que el agua hierve, zonas en que parece como planchada o irregularidades en las olas que por allí pasan, debemos sospechar de la presencia de una corriente que aflora.

Lo primero que debemos hacer al llegar al punto de inmersión y una vez que se ha fondeado, es comprobar el estado de la corriente. Una corriente de 2 nudos supone una velocidad de aproximadamente 1 m/s. Lancemos un objeto que flote al agua y contemos el tiempo que tarda en recorrer la eslora del barco. Si dividimos la longitud de la eslora por los segundos que tarda tendremos una buena aproximación de la velocidad de la corriente.

Conocer la dirección y la intensidad de la corriente en la superficie no es suficiente. En el fondo suele ser menos fuerte (por el rozamiento) pero también puede cambiar de dirección sobre todo si se trata de inmersiones lejos de la costa en algún bajo.

Siempre hay que evaluar si las condiciones que impone la corriente y el estado físico y experiencia de los buceadores son compatibles. Y si no lo son, lo mejor es dejar la inmersión para otro momento.

Precauciones que se deben adoptar si se bucea desde una embarcación

Hay dos opciones: fondear la embarcación o que permanezca a la deriva para recoger a los buceadores en el lugar donde lleguen a la superficie.

La primera opción es aconsejable sólo si la corriente es ligera o si tenemos una embarcación auxiliar que pueda ir a recoger a los buceadores que salgan lejos del fondeo. Si no tenemos embarcación auxiliar y aun así se decide fondear la embarcación, ésta debe amarrarse a una boyta anclada, de manera que si la embarcación tiene que zarpar para recoger a una pareja de buceadores no llevará el ancla sino que se soltará de la boyta dejándola fondeada. El resto de los buceadores podrán terminar el ascenso sujetos al cabo de fondeo.

Mientras que los buceadores saltan y esperan en el agua o son recibidos, la embarcación debe estar dotada de los medios y del personal necesarios para maniobrar rápidamente y permanecer junto a los buceadores en el agua.

No debemos olvidar

- 1. Debe estar largo por popa un cabo de corrientes que flote y sea bien visible con una boyta en su extremo.**
- 2. A lo largo de toda la eslora de la embarcación, en los dos costados debe haber cabos pasamanos donde puedan agarrarse los buceadores que están en el agua (como los que hay en los flotadores de las embarcaciones semirígidas).**

- 3. Si se va a descender con el barco fondeado deben existir unos cabos que por fuera del barco y a cada banda vayan desde el cabo de fondeo hasta la popa para que los buceadores en el agua jalando de ese cabo y nadando lleguen hasta el cabo de descenso.**
- 4. Si el barco permanece fondeado todos los buceadores tienen que descender agarrados al cabo de fondeo pero vigilando no tirar de él hacia arriba y que pueda garrear.**
- 5. Para subir a la embarcación, si no hay personal suficiente en cubierta para ayudar a los buceadores, es conveniente que existan "perchas", cabos con mosquetones colgando desde la borda, para que los buceadores que se desprendan de su equipo puedan colgarlo allí mientras suben al barco.**
- 6. Si alguien se suelta de la embarcación y queda a la deriva debe avisar gritando al patrón y desde el momento en que se conozca esa situación una persona a bordo debe permanecer sin separar la vista del que se encuentra a la deriva.**

Cuando la inmersión se realice a la deriva seguidos por la embarcación:

- 1. Los buceadores deben equiparse previamente y saltar todos a la vez para no quedar separados en la superficie.**
- 2. Si la corriente en superficie se prevé que sea más fuerte que en el fondo cada equipo de buceadores debe iniciar el descenso lo más rápido posible. Incluso los miembros del equipo pueden saltar al agua sujetos entre si (la mano derecha en el hombro del compañero y la izquierda en la tráquea del jácket) e iniciar en ese mismo momento sin separarse el descenso.**
- 3. Para que el barco conozca en todo momento la posición de los buceadores lo mejor es que en el fondo el guía o jefe de equipo lleve sujetada con un cabo una boya de superficie (flota y si no se sumerge no ofrece resistencia al avance). Otra opción menos segura es que se gobierne la embarcación siguiendo las burbujas que llegan a superficie a cierta distancia o espere a que hagan su aparición en superficie al final de la inmersión.**
- 4. Cuando se desciende por el cabo de la boya que lleva el guía este debe ir siempre él mas profundo de forma que todos los demás buceadores se agarren al cabo sin dar tirones, bajen detrás de él y suban delante.**

METIDOS EN LA CORRIENTE

En el fondo

Cuando exista una corriente en el fondo y queremos regresar al punto de partida debemos iniciar el recorrido en dirección contraria a la corriente para que ésta nos traiga o nos lo ponga fácil.

Buceando con corriente debemos vigilar constantemente el consumo; la presión de la botella. No sólo porque debido al esfuerzo físico podemos gastar más sino porque hay que ser previsores. Hay que iniciar el regreso antes y con más gas de lo normal. Un cambio en la dirección de la corriente puede alterar nuestros planes.

En algún momento, sobre todo si la corriente es muy fuerte, puede que nos veamos obligados a agarrarnos a alguna roca o aletear cerca del fondo. En esos momentos también hay que pensar en los seres vivos que allí se encuentran y procurar perjudicarlos lo menos posible.

Si observamos que la corriente nos lleva y nos trae es que hay mar de fondo. El mar de fondo es una consecuencia del oleaje y no es lo mismo que una corriente. Con mar de fondo podemos aprovechar el movimiento del agua y aletear solo cuando nos desplace en la dirección que queremos seguir, descansando cuando el vaivén nos lleve en dirección opuesta.



Con corriente en superficie NO debemos separarnos del compañero.

En el ascenso

Con corriente es más complicado el ascenso al final de la inmersión. La mejor situación, si no estamos buceando a la deriva de la corriente, es que nos encontremos en el punto deseado para subir, es decir, donde tengamos un cabo al que sujetarnos o una pared que nos proteja. Y allí estaremos si hemos sido suficientemente prudentes al realizar los desplazamientos de ida y vuelta por el fondo.

En el caso de que no sea así tendremos lanzar una boya desde el fondo y ascender recogiendo el cabo poco a poco para mantener la velocidad deseada e incluso, si es necesario, realizando las paradas oportunas.

Este procedimiento de lanzar la boya desde el fondo es la mejor forma para que el ascenso no se convierta en una situación descontrolada y peligrosa. Es imprescindible, además de llevar la boya y el carrete, estar muy bien entrenado para manipularla con eficacia a la vez que mantenemos la profundidad. Además, durante todo el ascenso estaremos señalizando nuestra posición y desde el momento en que la boya llegue a la superficie ya pueden descubrirla en la embarcación.

En superficie

Una vez que hemos llegado a la superficie tenemos que evaluar cual es la situación: ¿podemos llegar por nuestros propios medios a la embarcación, a tierra firme o a cualquier otro sitio?... Todo depende de la dirección de la corriente y las distancias.

Cuando nos desplazemos debemos tener en cuenta la deriva que nos va a producir la corriente. Intentaremos seguir un rumbo que junto con la deriva nos lleve al lugar deseado.

Agotarnos peleando contra una corriente no es una buena solución. Si no vamos a poder vencerla lo mejor es preocuparnos por señalizar nuestra posición con una boyas de tubo, los destellos de un estrobo, utilizando el silbato o incluso un pequeño espejo de señales.

Cuando pase un tiempo prudencial el patrón de la embarcación o alguien que nos espera en la costa nos echará en falta, dará la alarma y comenzará nuestra búsqueda. Mientras tanto:

No debemos olvidar

- 1. Permanecer junto a nuestro compañero y al resto de los miembros del equipo.**
- 2. Adoptar la posición en la que perdamos menos calor.**
- 3. No beber jamás agua de mar.**

CUESTIONES - CAPÍTULO 4

1. ¿A qué inmersiones llamamos técnicas?

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

A.- Cuando las condiciones del regreso por mala visibilidad o corrientes

sean difíciles.

B.- Las que se hacen en grutas.

C.- Cuando no se puede ascender directamente a la superficie porque hay
una larga descompresión.

D.- Cuando no se puede ascender directamente a la superficie porque hay
un techo real.

2. ¿Qué se requiere para realizar una inmersión técnica?

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

A.- Permisos especiales.

B.- Una ampliación del seguro que ofrece la licencia federativa.

C.- Realizar un curso de especialización.

D.- Todo lo anterior.

3. La falta de luz en una inmersión nocturna, ¿qué tres actuaciones nos exige respecto a las iluminaciones?

4. La falta de luz en una inmersión nocturna, ¿a qué nos obliga respecto al buceo con nuestro compañero?

5. ¿Qué señas se utilizan en una inmersión nocturna y cuales no se usan de día?

6. Si buceando de noche nuestro compañero nos enseña su manómetro...

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Es que no ve bien él la presión que le marca.
- B.- Quiere decírnos que está en reserva.
- C.- Debemos leer su presión y contestarle con el OK.
- D.- Debemos leer su presión y enseñarle el nuestro.

7. Buceando de noche ¿cómo podemos llamar la atención de nuestro compañero?

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Iluminándole para que note nuestra presencia.
- B.- Si está próximo a nosotros subiendo y bajando el foco lentamente (o con movimiento lateral).
- C.- Dibujando repetidamente con la luz sobre el fondo un trazo recto.
- D.- De las dos formas anteriores.

8. Dónde y cuándo bucear de noche.

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- En una zona conocida.
- B.- Donde sea fácil orientarse.
- C.- Sólo si el tiempo y el estado de la mar son muy buenos.
- D.- Son ciertas todas las anteriores.

9. Buceando con muy mala visibilidad y teniendo que regresar al ancla se debe...

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Realizar un recorrido en círculo.
- B.- Permanecer en contacto visual con el ancla.
- C.- Desplegar un cabo guía.
- D.- Mantenernos pegados al fondo tomando referencias.

10. Introducirse en el interior de un pecio para explorarlo requiere:

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Utilizar un cabo guía como en todas las inmersiones bajo techo.
- B.- El conocimiento del estado de la estructura del pecio.
- C.- Unas técnicas especiales.
- D.- Todo lo anterior.

11. Buceando en un pecio...

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Hay que tener en cuenta que la inmersión puede ser de perfil "cuadrado".
- B.- Si observamos restos arqueológicos no deberemos tocar nada.
- C.- Si observamos restos arqueológicos deberemos entregárselos a las autoridades competentes.
- D.- Podemos aplicar la ley del mar y quedarnos con los restos que podamos sacar del agua.

12. Propiedades de lo que definimos como una gruta submarina.

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Están a escasa profundidad.
- B.- Se pierde la visión de la entrada.
- C.- La morfología permite al buceador desplazarse sin dificultad por su interior.
- D.- Todas las anteriores son características de una gruta.

13. Indica las precauciones que se deben adoptar para entrar en una gruta desconocida:

14. Indica si es verdadero o falso.

- A.- Hasta los 30º podemos considerar que la hipotermia es leve. V F
- B.- El calentamiento pasivo externo se realiza quitando las ropas mojadas, secando, cubriendo con ropa seca y protegiendo del viento en un hábitáculo caldeado a 25º. V F
- C.- La recuperación de una hipotermia leve suele ser rápida, subiendo la temperatura 2º cada veinte minutos. V F
- D.- Para evitar una hipotermia hay que evitar el cambio brusco de temperatura. V F

15. Generalmente en una zona de mareas se debe bucear durante...

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- La estoa de marea.
- B.- La estoa de corriente.
- C.- El reparo o repunte de marea.
- D.- La bajada de marea.

16. Fondeada la embarcación en una zona de corrientes es necesario:

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Tener largado por popa un cabo de corrientes con una boyta en su extremo.
- B.- En los dos costados debe haber cabos pasamanos donde puedan agarrarse los buceadores que están en el agua.
- C.- Es conveniente que existan "perchas", cabos con mosquetones colgando desde la borda.
- D.- Antes de tirarse al agua hay que comprobar la intensidad de la corriente.

17. Indicar si es verdadero o falso.

- A.- Cuando la inmersión se realice a la deriva seguidos por la embarcación los buceadores deben equiparse previamente y saltar todos a la vez. V F
- B.- Cuando la inmersión se realice a la deriva es obligatorio que el jefe de equipo lleve una boyta de superficie (flota y si no se sumerge no ofrece resistencia al avance) largada con un cabo. V F
- C.- Cuando nos desplazamos por el fondo debemos tener en cuenta la deriva que nos va a producir la corriente. V F
- D.- Aunque la corriente sea muy fuerte nunca debemos dejar de alejarnos. V F

18. ¿Cómo vamos a señalizar nuestra posición si quedamos a la deriva?

19. Indicar tres precauciones que debemos adoptar si quedamos a la deriva.

20. Indica tres ambientes donde no podemos bucear sin tener la especialidad correspondiente.

Capítulo 5

Conservación de la vida subacuática



El B3E debe ser un protector de la vida submarina. Debe trabajar para que su actividad y la de otros buceadores no sea perjudicial para el medio acuático. Tiene que liderar entre sus compañeros una campaña cuyo objetivo sea reducir el impacto que podemos producir los buceadores entre esos seres vivos que nos acompañan bajo el agua. Y para realizar esa tarea es necesario conocer a esos organismos con detalle para divulgar sus peculiaridades entre los demás buceadores fomentando primero la curiosidad, luego el interés y por último el respeto.

EL PLANETA OCÉANO

Resulta paradójico que un planeta en el que casi el 71% de su superficie está cubierta por agua marina, tenga el nombre de Tierra. Los diversos ecosistemas oceánicos constituyen el principal reservorio de la biodiversidad de nuestro planeta. Esto no debería sorprendernos, dado su enorme volumen y la gran extensión de la superficie terrestre cubierta por los océanos. El manto protector de las aguas marinas ofrece el cobijo y los nutrientes necesarios para el delicado equilibrio de este singular laboratorio biológico.

Vamos a conocer primero cuáles son los factores ambientales que determinan las condiciones para la vida bajo el agua y luego los diversos ambientes que se crean.

EL AGUA COMO MEDIO

Vamos a conocer

- 1. Las propiedades físicas del agua de mar: salinidad, temperatura, hidrodinamismo, iluminación, presión y gases disueltos.**

Salinidad

El agua del mar, de conocido sabor salado, es una mezcla de sales y agua en una proporción aproximada del 350 ‰ (35 g de sales en 1000 g de agua). La salinidad tiene una gran importancia en la vida de los diferentes organismos marinos, hasta el punto de que éstos pueden sufrir alteraciones e incluso morir si no son capaces de adaptarse a las condiciones salinas del medio.



La salinidad de las masas de agua varía de un mar a otro en función de múltiples factores como la evaporación, el aporte de agua de los ríos, etc. En una misma zona de un mismo mar pueden producirse variaciones importantes de salinidad (por ejemplo en la desembocadura de un río).

Ante los cambios de salinidad, algunos organismos han desarrollado complejos sistemas de adaptación que les permiten pasar de agua más salada a menos salada, e incluso de agua salada a agua dulce, sin sufrir ningún tipo de daño; son los organismos *eurihalinos*. Otros organismos, especializados a la vida en hábitats de salinidad estable, no han desarrollado este tipo de sistemas y tienen que optar por el desplazamiento frente a cambios de salinidad acusados en el medio; son los denominados organismos *estenohalinos*.

Hay que aprovecharlo todo.

Temperatura

La temperatura del agua marina superficial se debe a la energía solar recibida. Por ello, las aguas marinas son más frías cuanto más alejadas están del ecuador y cuanto más profundas son. La penetración de los rayos solares y la existencia de movimiento en la masa de agua, debidos a las olas y corrientes, hacen que se produzcan continuas mezclas, por lo que la temperatura de las masas de agua puede ser bastante homogénea en algunas zonas o muy estratificada en otras.

La disminución de la temperatura del agua del mar debida al aumento de profundidad suele ser rápida durante los primeros metros y va haciéndose cada vez más lenta a medida que se alcanzan profundidades mayores. Este hecho es muy notorio en nuestras latitudes durante el verano, percibiéndose un cambio brusco de temperatura en torno a los 20-30 m. A la zona que separa las dos masas de agua, la inferior fría y la superior más cálida, se le denomina *termoclina estacional*.

La temperatura de las aguas tiene una gran importancia en la distribución geográfica y en profundidad de los organismos marinos, ya que influye en diferentes procesos vitales como la alimentación, respiración, crecimiento y reproducción. La tolerancia a los cambios de temperatura varía mucho de unas especies a otras. Generalmente, son más tolerantes a los cambios las especies que viven en aguas superficiales, y, en especial, las que viven fijas al sustrato, denominados organismos sésiles.

Iluminación

La cantidad de radiación solar (iluminación) que llega a la superficie del mar depende de varios factores: la cercanía al ecuador, el periodo estacional (máxima en primavera y verano), del ciclo día-noche y de otros factores como la nubosidad, contaminación, presencia de banquisa de hielo, etc.

De la luz que llega, una parte va a ser reflejada por la superficie del mar como consecuencia de la diferente densidad entre agua y aire. La magnitud de dicha reflexión será menor, cuanto menor sea el ángulo de incidencia formado entre el rayo de luz y la superficie del mar. Por lo tanto, resulta fácil comprender que depende de la hora del día, de la estación anual y la situación geográfica.

A su vez, la fracción de luz que penetra en el mar sufre una pérdida cuantitativa de intensidad muy marcada conforme aumenta la profundidad. Esta pérdida se debe fundamentalmente a los fenómenos de absorción y dispersión de los rayos luminosos que se producen debido a la naturaleza del agua, las sustancias disueltas y las partículas en suspensión.

En condiciones ideales la luz solar no penetra en la columna de agua más allá de los 200 m, pero lo habitual es que el límite de penetración no sea de más de 150 m. Este hecho produce una división crucial en la masa de agua marina:

1. **La zona fótica**, o zona iluminada que se limita a esos primeros 150 o 200 m más superficiales del océano y que se divide a su vez en dos subzonas: la eufótica, cuya cantidad de luz permite la fotosíntesis, y



El reyezuelo que siempre busca lugares sombríos con poca luz.

Tan adaptaciones a determinadas intensidades de luz, condiciones que buscarán en función de su capacidad de desplazamiento. Así, los que viven fijos al fondo se desarrollarán en los enclaves en los que ya sea por su profundidad o por sus características estructurales (grutas, extraplotmos, paredes inclinadas, etc), se da la iluminación que necesitan. En cambio, aquellos que tienen libertad de movimiento buscarán la mejor intensidad lumínica para ellos mediante desplazamientos verticales.

Presión

Como todo buen buceador sabe, la presión bajo el agua aumenta con la profundidad, a razón de 1 atm por cada 10 m de profundidad. Esto hace que en algunos puntos del fondo del mar se puedan alcanzar presiones de más de 1.000 atm (algunas fosas oceánicas). Dada la alta especialización de algunos organismos marinos, la influencia de la presión sobre ellos no es muy marcada, de tal forma que hay especies que pueden hacer recorridos verticales cercanos a los 1.000 m sin que se vean afectadas por ello. Sin embargo, otras especies que viven en aguas superficiales mueren si se les somete a las altas presiones de las profundidades abisales y lo mismo ocurre si a las especies abisales se les eleva hasta la superficie.

Densidad

Entre los parámetros físicos que caracterizan las masas de agua marina destaca la densidad por la importancia que tiene en la dinámica general de los océanos. Cuando dos masas de agua de diferente densidad se encuentran, la menos densa tiende, como consecuencia de la gravedad, a situarse encima de la más densa, originando con ello importantes corrientes que hacen recircular a las aguas oceánicas profundas provocando su regeneración.

La densidad del agua marina varía principalmente con la salinidad y con la temperatura, haciéndolo en menor medida con la presión. Aumenta significa-

la disfótica, o zona de penumbra, con algo de luz pero no suficiente para la fotosíntesis.

2. La zona afótica, o zona oscura que comprende la mayor parte de la masa de agua hasta alcanzar el fondo oceánico.

La iluminación condiciona la distribución en profundidad de los organismos vivos. Como hemos visto, sólo en las aguas superficiales, hay luz suficiente para que se pueda realizar la fotosíntesis, por lo que es en esta pequeña franja donde se desarrollan los vegetales y los organismos herbívoros.

El resto de los organismos presen-

tan adaptaciones a determinadas intensidades de luz, condiciones que bus-

carán en función de su capacidad de desplazamiento. Así, los que viven fijos al fondo se desarrollarán en los enclaves en los que ya sea por su profundidad o por sus características estructurales (grutas, extraplotmos, paredes inclinadas, etc), se da la iluminación que necesitan. En cambio, aquellos que tienen li-

bertad de movimiento buscarán la mejor intensidad lumínica para ellos me-

diante desplazamientos verticales.

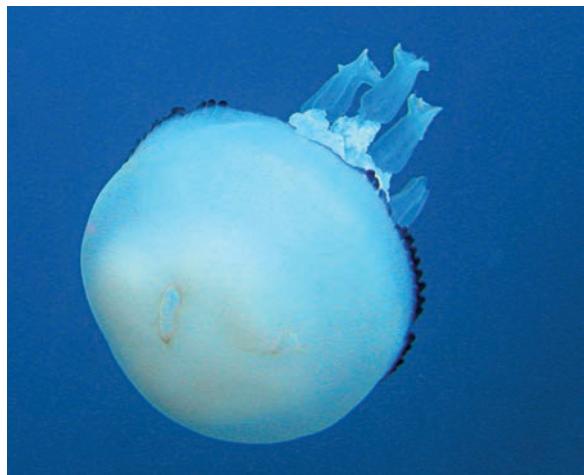
tivamente con el incremento de salinidad y el descenso de temperatura, mientras que los incrementos de presión tendrán que ser muy importantes (grandes profundidades) para que el agua se haga ligeramente más densa.

El agua del mar es unas 800 veces más densa que el aire, mientras que su viscosidad (fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo en su seno) es 100 veces superior que la de la atmósfera. Aunque las diferencias de densidad entre distintas masas de agua pueden afectar a ciertos organismos marinos, son las características generales de densidad y viscosidad las verdaderamente importantes. Diferencias que son, en gran medida, la causa de que las morfologías externas de los organismos terrestres y marinos sean tan distintas.

La mayor densidad y viscosidad del agua de mar origina una importante flotación, lo que ha permitido desarrollar a los organismos marinos diversas respuestas adaptativas: de forma general, se puede decir que dichas respuestas explotan algunas de las siguientes soluciones:

1. Aumentar la superficie del cuerpo mediante cualquier tipo de expansiones (espinas, prominencias, aletas, etc.), con lo que se aumenta la resistencia al hundimiento.
2. Acumular líquido de menor densidad que la del agua (generalmente aceites) en una cantidad que irá en función del tamaño del organismo, con lo que se controla la flotabilidad.
3. Desarrollar flotadores llenos de gas, que en los casos más sofisticados, el animal puede hinchar o deshinchar a voluntad para controlar la flotabilidad.
4. Permanecer en constante movimiento.

Por otra parte, la mayor resistencia al movimiento ha condicionado y condiciona la evolución de los animales nadadores, primando toda adaptación (forma hidrodinámica, superficies corporales resbaladizas, dispositivos para reducir las turbulencias periféricas, etc.), que conlleve un mejor aprovechamiento de la energía empleada en la locomoción, ya sea un ahorro, ya sea obteniendo una mayor velocidad de desplazamiento con el mismo gasto energético.



Esta medusa, *Rizostoma pulmo* (agua mala), a pesar de tener una densidad parecida al agua de mar tiene que estar en constante movimiento.



Este tiburón dispone de una buena forma hidrodinámica.



Esta gorgónia, la *Paramuricea clavata*, depende del alimento que le traiga las corrientes.

condicionar la forma de algunos organismos fijos al fondo. Esta influencia en la forma externa puede venir ocasionada por su condición de fuente de alimento o por la de agente erosivo. Los organismos coloniales tienden a ramificarse en un solo plano y oponer la máxima superficie de captación de alimento, orientándose perpendiculares a la dirección de la corriente, si ésta no es demasiado fuerte. En cambio, si por la intensidad de la corriente predomina su carácter erosivo, la forma de los organismos se moldeará para oponer la menor resistencia posible a la fricción.

Al actuar sobre la superficie del mar, los vientos ceden parte de su energía a las aguas, originando el oleaje, que descargará dicha energía sobre el litoral, modificándolo y modelando su orografía. En la franja litoral sobre la que actúa el oleaje, las condiciones de vida pueden llegar a ser bastante duras. En estas condiciones pueden sobrevivir sólo los organismos suficientemente adaptados a estas condiciones de alta energía, por lo que suelen ser robustos y con sistemas de fijación resistentes al embate de las olas.

Las mareas hacen que una franja del litoral, de anchura variable según la amplitud de la marea, quede intermitentemente expuesta al aire y, con ella, todos los organismos que viven fijos en dicha franja. Esta exposición al ambiente subaéreo es el parámetro físico que determina la fijación de una vegetación y fauna con las adaptaciones (morfológicas, fisiológicas, etológicas, etc.), necesarias para sobrevivir en estas condiciones.

Esta zona intermareal se encuentra franqueada por encima por la zona supralitoral donde el agua no llega más que en forma de salpicaduras y por debajo por la zona infralitoral que permanece siempre sumergida.

Gases disueltos

En el agua del mar, en contacto permanente con la atmósfera, están disueltos todos los gases atmosféricos, aunque generalmente en concentraciones mucho más pequeñas que las que presentan en la atmósfera. La cantidad de cualquier gas que puede disolverse en el agua del mar depende de la tem-

Hidrodinamismo

Los movimientos que afectan al agua del mar se pueden incluir dentro de alguno de estos tres tipos: corrientes, oleaje y mareas.

De una forma sencilla, se puede decir que las corrientes marinas son producidas por el viento, por diferencias de densidad o por las mareas. Al poder modificar las condiciones locales, tienen una gran influencia sobre los vegetales y animales marinos.

En este sentido, las corrientes marinas pueden influir en la distribución geográfica de las especies e incluso

peratura y la salinidad, de forma que tanto el incremento de temperatura como de salinidad reduce la cantidad de gas disuelto.

De todos los gases disueltos en el agua, el oxígeno es el de mayor importancia para los organismos marinos ya que es fundamental en el metabolismo de los seres vivos, por lo que es permanentemente consumido por los organismos heterótrofos, y repuesto al volverse a disolver en el agua, procedente de la atmósfera y de los organismos autótrofos fotosintéticos. La cantidad de gases disueltos está directamente relacionada con el movimiento de la masa de agua, de forma que aguas muy movidas (oleaje, corrientes, mareas) son más ricas en oxígeno que aguas de zonas más tranquilas.

AMBIENTES MARINOS

Vamos a conocer

1. *Los tipos fundamentales de ambientes marinos.*
2. *Las diferentes agrupaciones de organismos pertenecientes a estos ambientes.*

Fundamentalmente existen dos tipos de ambiente marino: el de aguas libres que se denomina ambiente pelágico y el de los fondos marinos denominado ambiente bentónico. Los organismos marinos nacen, se alimentan, se reproducen y mueren en uno de estos dos ambientes o en ambos en distintos momentos de su historia vital, es decir, su vida transcurre en aguas libres o cercanos al fondo del mar.

En el ambiente pelágico podemos encontrar a organismos animales y vegetales denominados *plancton* con una capacidad de movimiento autónomo muy limitada y que, generalmente, sólo pueden controlar su profundidad de flotación mientras que son arrastrados por las corrientes. También existen otros organismos denominados *necton*, que controlan su posición con total independencia de las corrientes. Por otra parte, en el ambiente bentónico el conjunto de vegetales y animales que viven en relación constante con el fondo se denominan *bentos*.

Todos estos organismos están interconectados unos con otros por relaciones muy diversas, siendo las relaciones tróficas las que definen el funcionamiento de un ecosistema.



Bentos (Anémona).

Vamos a conocer

1. *Por qué clasificamos a los seres vivos.*
2. *Qué es un género y una especie.*
3. *Cómo y por qué se denominan de forma científica.*

Al oír hablar de los seres vivos escuchamos nombres en latín y términos como especie, clase, orden o filum. Para muchos buceadores a los que nos gusta conocer y comprender a esos seres que descubrimos cuando nos sumergimos, este vocabulario nos confunde.

Vamos a tratar de que no sea así explicando algunos términos y vamos a justificar porque se utilizan.

Pero, ¿por qué tenemos que clasificar a los seres vivos? La respuesta es para conocerlos mejor. Agrupándolos según sus características descubrimos qué importancia tienen y qué relación hay entre ellos, etc. La Taxonomía es la ciencia que estudia la clasificación de los organismos vivos. Las bases científicas de la clasificación actualmente aceptada fueron marcadas por el naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778) en su obra "Systema naturae".



Necton (Banco de peces).

Podemos considerar que cada organismo junto con aquellos que son muy semejantes a él forma un grupo básico: la especie, por ejemplo, las morenas de las costas del mediterraneo.

Precisando más, entendemos como especie a un grupo de individuos con las mismas características externas e internas, que son capaces de reproducirse entre ellos y tener descendencia fértil y que no pueden cruzarse con éxito con otros individuos de grupos diferentes. Por tanto, el concepto de especie tiene un valor biológico intrínseco que no tienen el resto de las subdivisiones taxonómicas que manejan los científicos.

Por ejemplo, en las costas de las Islas Canarias se establecen diferentes especies de morena porque no sólo tienen tamaños y colores distintos sino porque no pueden reproducirse entre ellas. Sin embargo, a pesar de las diferencias tienen tanto en común que no dudamos en darle a todo ese conjunto de especies un nombre genérico: morenas.

Lo mismo nos ocurriría si comparáramos un perro y un lobo: no son de la misma especie pero son tan parecidos que podemos agruparlos en lo que se denomina: género (*Canis*).

Cada especie se denomina por dos vocablos latinos que le dan nombre, siendo el primero el género y el segundo el que caracteriza a la especie. Por ejemplo, el nombre científico de una especie muy común de erizo de mar es *Sphaerechinus granularis*, el de la morena del mediterráneo *Muraena helena* y el de otra congénere de las costas canarias la *Muraena augusti*.

¿Por qué en latín? Pues porque los primeros registros se hicieron en esa lengua y los nombres que se dan en cada lengua son muy diferentes y crearían confusión.

El nombre científico de la especie se escribe sin acentos, con el primer vocablo latino comenzando por mayúscula, mientras que el segundo lo hace por minúscula. Además, tanto el género como la especie deben escribirse en cursiva o subrayados. Cuando en un texto ya se ha nombrado una especie por primera vez, se permite y recomienda que las siguientes veces el género se reduzca a su inicial y sólo se rescriba completo el nombre específico como, por ejemplo, *S. granularis*.

Distintos géneros con características similares se agrupan en familias, éstas en órdenes, éstos en clases, éstas en fila (singular filo, filum, o phylum en su forma latina original) y finalmente éstos en Reinos, pudiendo existir divisiones intermedias a las mencionadas si la complejidad del grupo lo requiere.

Ejemplo: Taxonómicamente el erizo de mar (*Sphaerechinus granularis*) queda definido de la siguiente forma:

- Phylum: Echinodermata
- Clase: Echinoidea
- Orden: Echinoida
- Familia: Echinidae
- Género: *Sphaerechinus*
- Especie: *Sphaerechinus granularis*

Aunque la ciencia en la actualidad diferencia 5 reinos biológicos (Archeobacteria, Eubacteria, Fungi, Plantae y Animalia), nos centraremos en dos de ellos, sin duda los más conocidos y fáciles de observar en inmersión: el Vegetal y el Animal, diferenciados fundamentalmente por la capacidad o no de realizar la fotosíntesis y ser capaz mediante este mecanismo de sintetizar materia orgánica a partir de materia inorgánica y energía lumínica (el reino vegetal).



Sphaerechinus granularis.

Al margen de la clasificación taxonómica, existe dentro del Reino Vegetal una primera agrupación de las plantas que divide este Reino en dos grupos:

Por un lado está el grupo formado por las **Plantas no vasculares**, entre las que se incluyen entre otros los líquenes, musgos y el grupo que tiene mayor significación para el buceador: las algas. Será en este último grupo en el que nos centremos.

El segundo grupo es el de las **Plantas vasculares**, plantas con raíz, tallo y hojas y dentro de las cuales, se encuentra el segundo grupo vegetal de especial interés para el submarinista, las fanerógamas marinas.

Aunque todos los grupos vegetales tienen importancia dentro del Reino Vegetal y las interrelaciones existentes entre todos ellos son las que caracterizan un determinado ecosistema, en este capítulo se describirán los grupos vegetales que despiertan más interés entre los buceadores y que hemos de conocer mejor.

LAS ALGAS

Vamos a conocer

1. *Algunas generalidades sobre las algas marinas.*
2. *Las tres agrupaciones o Fila diferentes más comunes.*
3. *Los caracteres más relevantes sobre la morfología, reproducción y ecología de cada grupo.*

Generalidades

Son plantas que no poseen un auténtico sistema vascular, un circuito por donde trasladar los nutrientes desde el suelo hasta las células, no presentan raíces verdaderas, tallos ni hojas, y, por tanto, su estructura es muy sencilla.



Acetabularia mediterránea (Clorofita).

En general las algas son de vida acuática, poseen clorofila, junto con otros pigmentos y realizan la fotosíntesis, produciendo oxígeno. Según el tipo de pigmento que predomine adquieren diferentes coloraciones.

La reproducción puede ser sexual, por medio de células reproductoras llamadas gametos o asexual, por medio de células que reciben el nombre de esporas. En el caso de algas

pluricelulares, no es rara la multiplicación vegetativa por fragmentación.

La organización estructural es muy variable y abarca desde algas muy simples y pequeñas (algas unicelulares), a algas grandes y complejas.

Dentro de la clasificación de las algas, se pueden distinguir hasta ocho grupos con categoría de Filum.

De estos ocho grupos, en este capítulo nos vamos a centrar en los tres que poseen mayor interés para el buceador al ser los que engloban, entre otras, a las especies que se pueden observar a simple vista. Estos grupos son: Filum Chlorophyta (Clorofitas o algas verdes), Filum Phaeophyta (Feofitas o algas pardas) y Filum Rhodophyta (Rodofitas o algas rojas).

Cada grupo tiene su color particular porque, además de "clorofila a", cada uno tiene otros pigmentos fotosintéticos que refuerzan o enmascaran su color verde. Como cada pigmento es sensible a un rango de frecuencias de luz, la absorción selectiva de ésta influye en la distribución vertical de los tres grupos.

Filum Chlorophyta (Clorofitas o algas verdes)

Las algas verdes, con unas 7.000 especies descritas, viven en su mayoría en las aguas continentales. Por sus pigmentos y sustancias de reserva, que son semejantes a las de las plantas terrestres, son consideradas por muchos botánicos como los predecesores de las plantas superiores.

La mayoría de las especies son de agua dulce, una pequeña proporción (10%) son marinas, y hay unas pocas especies que pueden vivir en los dos medios e incluso en aguas salobres. En el mar la mayor parte de las especies son bentónicas, extendiéndose desde la zona de salpicadura hasta las máximas profundidades donde llegue luz suficiente para poder realizar la fotosíntesis y sobrevivir. Existen también especies planctónicas, constituyendo uno de los principales componentes del fitoplancton.



Halimeda tuna (Clorofita).



Algas pardas:*Colpomenia sinuosa* rodeada de *Dytiota dichotoma*.

Filum Phaeophyta (Fofitas o algas pardas)

Las algas pardas, con sus más de 1500 especies descritas, son casi exclusivamente marinas, con sólo 3 especies de agua dulce y algunas más adaptadas a ambientes de aguas salobres. Las algas más complejas en desarrollo morfológico y anatómico pertenecen a este Filum, encontrándose principalmente en las regiones de aguas frías y templadas.

Son en casi su totalidad especies bentónicas (hay algunas de vida libre). Viven fijas al sustrato o sobre otras algas y presentan una distribución batimétrica muy amplia, encontrándoselas desde por encima del nivel del mar, hasta las máximas profundidades compatibles con la vida vegetal.

Constituyen en el Mediterráneo la vegetación principal en las costas rocosas, donde pueden formar densos cinturones algales que acogen a un importante número de especies vegetales y animales.

Filum Rhodophyta (Rodofitas o algas rojas)

Las rodofitas o algas rojas, con sus más de 4000 especies descritas, agrupadas en más de 650 géneros, son principalmente marinas, con unos pocos géneros de agua dulce y unas cuantas formas unicelulares de vida en el suelo.

Están distribuidas por todos los mares del mundo, principalmente en lugares algo umbríos y de aguas cálidas y tranquilas.

Aunque hay algunas especies oportunistas, de crecimiento rápido y con cierta tolerancia a las condiciones cambiantes, lo que las hace poder crecer en lugares y en épocas anuales desfavorables para otras algas, la inmensa mayoría de las rodofitas viven en condiciones ambientales bastante estables, presentando un crecimiento lento, lo que las hace muy sensibles a fluctuaciones de las condiciones ambientales.

Batimétricamente se distribuyen desde la zona superficial hasta las máximas profundidades compatibles con la vida vegetal, existiendo un gran número de especies con requerimientos lumínicos bajos y de aguas profundas, siendo por lo general especies de este filum las que caracterizan la flora de las aguas profundas y marcan el límite inferior de la zona fótica. Este éxito en ambientes pobres en luz se podría explicar, al menos parcialmente, por su composición pigmentaria, que les permite captar energía de la luz que llega a profundidad con una fuerte dominancia azul.



Alga roja (*Peyssonnelia squamaria*).



Alga roja calcárea (*Lythophyllum expansum*).

Las rodofitas, aunque con presencia en todos los mares del mundo, son más abundantes en las aguas cálidas y tropicales. Es destacable la importante contribución de las algas calcificadas a la formación de estructuras que acogen a importantes comunidades bentónicas.

No debemos olvidar

1. Que las algas son seres vivos simples que no poseen sistema vascular.
2. Que pueden reproducirse sexual o asexualmente.
3. Que la organización estructural es muy variable y abarca desde algas muy simples y pequeñas (algas unicelulares), a algas grandes y complejas.
4. Que los tres grupos en que se dividen son: Filum Chlorophyta (Clorofitas o algas verdes), Filum Phaeophyta (Fieofitas o algas pardas) y Filum Rhodophyta (Rodofitas o algas rojas).

LAS FANERÓGAMAS MARINAS

Vamos a conocer

1. Algunas generalidades sobre las fanerógamas marinas.
2. Las tres agrupaciones o Filas diferentes en que se agrupan.
3. El papel que juegan las praderas de *Posidonia oceanica*.

Generalidades

Las fanerógamas, plantas vasculares o plantas superiores, constituyen un grupo de vegetales bastante homogéneo, que se caracterizan por presentar una organización externa, donde se puede distinguir raíz, tallo, hojas, flores y frutos con semillas, y una organización interna compleja, donde existen tejidos perfectamente diferenciados estructural y funcionalmente.

Dentro de este grupo, las fanerógamas marinas son plantas comunes en las aguas poco profundas de los mares tropicales y del Mediterráneo, donde juegan un importante papel como estabilizadores del sedimento y como productores primarios. Sus densas formaciones (praderas, céspedes) constituyen uno de los ecosistemas marinos más productivos, siendo fuente indirecta de alimento y lugar de refugio o cría para muchos organismos, además de participar muy activamente en el ciclo de nutrientes.



Morena entre los tallos de una fanerógama.

Son plantas perfectamente adaptadas a vivir en el mar. Su especial fisiología les permite superar la importante diferencia osmótica existente entre sus líquidos internos y el medio. Su constitución les permite, además de crecer en inmersión, resistir la acción de oleajes, mareas o corrientes. Son plantas que han resuelto las dificultades que el medio subacuático pone a la polinización y a la dispersión de semillas.

Las especies más comunes existentes en nuestro litoral son: *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* y *Posidonia oceanica*.

Las praderas de *Posidonia oceanica* constituyen una de las unidades paisajísticas más típicas de nuestro litoral, siendo una de las formaciones más característica e importantes de la costa y en general de toda la Plataforma Continental.

El papel que juegan estas praderas en los ecosistemas litorales es fundamental en muchos aspectos:

- Sus rizomas y raíces no se pudren a pesar de estar en el agua, ya que están muy lignificados, lo que hace que sea capaz de fijar los fondos de arena dando lugar a un sustrato estable sobre el que se asienta una comunidad de especies muy variada que encuentran en ella alimento, protección, un lugar para realizar la puesta y un sustrato donde fijarse. Es decir, que tanto sus hojas como sus rizomas presentan una gran variedad de organismos con una compleja organización.
- Esta estructura estable formada por los rizomas, tiene un efecto amortiguador del oleaje y de las corrientes, impidiendo la erosión de la línea de costa y protegiendo las playas.
- Juegan un papel importante en la depuración de las aguas costeras, al limpiarlas de sedimento que quedan atrapados en sus hojas y se depositan en el fondo. Al oxigenar las aguas contribuye a la degradación de la materia orgánica.
- Son un excedente de materia orgánica, que en forma de detritus llegará comunidades más profundas y deficitarias de ella.
- Son excelentes indicadores de la calidad de las aguas ya que se desarrollan en lugares que reúnen unas determinadas condiciones ambientales: aguas claras, limpias, bien oxigenadas, sin contaminación, de hidrodinamismo débil y con temperatura y salinidad poco variables.

- Como plantas verdes que son, las praderas de posidonia producen una elevada cantidad de oxígeno, indispensable para el desarrollo de la vida; y a la vez fijan CO₂, contribuyendo a mantener el equilibrio dinámico de este gas en la atmósfera y la hidrosfera.

No debemos olvidar

- 1. Que las fanerógamas marinas son plantas que se caracterizan por presentar una organización externa, donde se puede distinguir raíz, tallo, hojas, flores y frutos con las semillas, y una organización interna compleja, donde existen tejidos perfectamente diferenciados estructural y funcionalmente.*
- 2. Que son plantas perfectamente adaptadas a vivir en el mar.*
- 3. Que sus formaciones constan de una complicada y densa red formada por los rizomas, de los que parten el sistema de raíces y las hojas.*
- 4. Que las especies más comunes existentes en nuestro litoral pertenecen fundamentalmente a tres grupos, con categoría de Familia: Familia Cymodoceae a la que pertenece la especie *Cymodocea nodosa*, Familia Posidonaceae cuya especie representativa en nuestras costas es *Posidonia oceánica* y Familia Zosteraceae a la que pertenece la especie *Zostera marina*, considerada la especie más representativa de esta familia en las costas de la Península Ibérica.*
- 5. Que todas ellas son muy importantes en los procesos ecológicos litorales.*

La Posidonia y las aguas claras.



ALGUNAS CUESTIONES SOBRE LOS ANIMALES MARINOS

Vamos a conocer

1. Los principales grupos donde se incluyen las especies animales marinas más relevantes para el buceador.
2. Algunas curiosidades sobre su organización, reproducción y ecología.

PRINCIPALES GRUPOS DEL REINO ANIMAL

FILUM	CLASE
CNIDARIOS	HIDROZOOS
	ESCIFOZOOS
	ANTOZOOS
PORÍFEROS	
CTENÓFOROS	
PLATELMINTOS	
ECHIUROIDEOS	
ANÉLIDOS	POLIQUETOS
	Otros...
MOLUSCOS	GASTERÓPODOS
	BIVALVOS
	CEFALÓPODOS
	POLIPLACÓFOROS
	ESCAFÓPODOS
CRUSTÁCEOS	
BRIozoos	
FORONÍDEOS	
EQUINODERMOS	EQUINOIDEOS
	ASTEROIDEOS
	HOLOTUROIDEOS
	OFIUROIDEOS
CORDADOS	Subfilum TUNICADOS
	Subfilum CEFALOCOR.
	Subfilum VERTEBRADOS

El Reino Animal está constituido, desde el punto de vista de su complejidad estructural, por diversos grupos de animales: desde las simples esponjas hasta los mamíferos marinos y que hemos esquematizado en la tabla adjunta.

Sin embargo, al igual que comentábamos para el Reino Vegetal, no todos los grupos o Fila animales indicados tienen igual significación para el buceador. Habitualmente, su interés se centra en descubrir a aquellos animales al alcance de su vista, ya sea individualmente o formando colonias y cuya presencia en el medio marino resulte relevante desde el punto de vista ecológico o, simplemente, de su atractivo como elemento interesado en el paisaje submarino.

En este sentido y, aun teniendo en cuenta que todos los grupos animales tienen importancia dentro del Reino Animal y que son las interrelaciones existentes entre ellos las que caracterizan de una forma u otra a un determinado ecosistema, en este capítulo se describirán los grupos de animales que despiertan mayor interés y que, por tanto, hemos de conocer mejor.



Algunos animales no lo parecen, Anchinoe tenacior (esponja).

ESPONJAS-ASCIDIAS: El principio y el fin

Las esponjas pertenecen al filum de los Poríferos, ya que presentan el cuerpo perforado por pequeños y numerosos poros. Son los animales pluricelulares más primitivos. No presenta ni tejidos, ni órganos diferenciados.

Las ascidias pertenecen al filum de los Tunicados, ya que presentan una capa resistente, que reviste y protege al animal, llamada túnica. Son animales altamente especializados.

Aunque son animales evolutivamente muy distintos, sin embargo comparten una serie de características que los hacen parecer mucho más próximos y parecidos de lo que en realidad son.

Ambos son animales sésiles, es decir viven fijos a un sustrato, por lo que deben desarrollar una serie de estrategias que les permitan llevar a cabo todas sus funciones vitales como alimentarse, reproducirse o defenderse, sin necesidad de moverse del sitio.

Son animales filtradores, que se alimentan de las partículas disueltas en el agua. Para ello filtran el agua que pasa a través de ellos, generando corrientes en su interior. En las esponjas el agua entra a través de unos pequeños y numerosos poros que recubren su cuerpo, llamados ostiolas y sale por los poros grandes llamados ósculos. Estos poros están conectados por un sistema de canales tapizados por unas células especiales que presentan un flagelo con el que crean corrientes de agua. En las ascidias el agua entra a través de una abertura llamada sifón inhalante, pasa a una faringe ciliada, en la que se crea una corriente de agua que atrapa las partículas en una red mucosa y las transportan al esófago y al estomago. El agua sale a través de una abertura llamada sifón exhalante.

En ambos casos la mayoría son hermafroditas y se reproducen de forma sexual y asexual. La reproducción asexual se realiza por gemación, es decir, por formación de yemas que acaban desprendiéndose del progenitor. En la reproducción sexual, en el caso de las esponjas, los espermatozoides salen de ella por medio de corrientes de agua y de la misma manera llegan hasta otro individuo donde estos, son transportados hasta los óvulos. En las ascidias los óvulos y los espermatozoides son expulsados fuera y la fecundación ocurre en el agua.



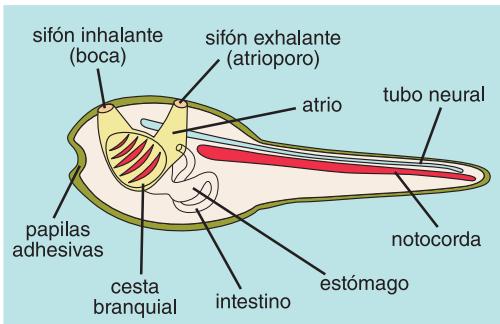
Colonia de la ascidia *Pseudodistoma crucigaster*.



Spirastrella cunctatrix (esponja).



Clavelina dellavallei.



Las ascidias en la etapa larvaria presentan el cordón nervioso de los cordados siendo sus ancestros.

nes, hasta colores vivos como verdes, rojos, amarillos o naranjas y en el caso de las ascidias los hay totalmente transparentes.

Sus mecanismos de defensa consisten en ambos casos en la protección de sus cubiertas. En el caso de las ascidias la protección es la dureza de la túnica, y en el caso de las esponjas presentan un esqueleto formado por pequeños elementos duros llamados espícululas, esto sumado a la presencia de sustancias químicas desagradables hacen de ellas dos grupos poco depredados.

ANÉMONAS - MEDUSAS: La misma organización del cuerpo con dos funciones diferentes



Cribripopsis crassa.



Dendrophyllia ramea (coral naranja).

Tanto las esponjas como las ascidias presentan formas solitarias y formas coloniales. En el caso de las ascidias formadas por un gran número de individuos claramente diferenciados, con su característica forma de saco, en los que cada uno posee su propia túnica y su propio sifón inhalante y en el caso de las esponjas son masas de individuos fusionadas que pueden presentar formas globulares, incrustantes, aplanas o ramificadas.

Ambas pueden presentar coloraciones variadas que van desde los verdes y marrones,

rojos, amarillos o naranjas y en el caso de las ascidias los hay totalmente transparentes.

Sus mecanismos de defensa consisten en ambos casos en la protección de sus cubiertas. En el caso de las ascidias la protección es la dureza de la túnica, y en el caso de las esponjas presentan un esqueleto formado por pequeños elementos duros llamados espícululas, esto sumado a la presencia de sustancias químicas desagradables hacen de ellas dos grupos poco depredados.

Pertenecen al Filum de los Cnidarios que incluye formas de apariencia tan diferente como los hidroideos, las medusas, las anémonas y los corales, pero que en realidad presentan la misma organización general del cuerpo.

Se disponen en dos tipos morfológicos: el pólipo (Anémona), que está adaptado a la vida sésil, es cilíndrico o tubular y tiene la boca y los tentáculos dirigidos hacia arriba, y la Medusa, que está adaptada a la vida libre, tiene forma de campana, y tiene la boca y los tentáculos dirigidos hacia abajo.

Ambos presentan unas células especiales que se llaman cnidocitos, que contienen un órgano urticante llamado nematocisto. El nematocisto es una cápsula que contiene un filamento, que es una continuación del extremo estrechado de la cápsula y que está cubierto por una pequeña tapa u opérculo. El contacto con una presa provoca la estimulación táctil, para la descarga del nema-

tocisto que una vez descargado es absorbido y reemplazado por uno nuevo. Mediante estas células urticantes paralizan a sus presas y son además las responsables de las "picaduras" de las medusas.

Las anémonas viven fijas aun sustrato y pueden estar aisladas ó formando grandes colonias. Son carnívoras, se alimentan de pequeños peces ó de cualquier animal vivo que tenga un tamaño adecuado, capturándolos con los tentáculos y transportándolos a la boca. Hay algunas anémonas que se fijan a las conchas de algunos cangrejos ermitaños, estos buscan su especie favorita, que reconocen por el tacto y da un masaje a la anémona hasta que la desprende y la aprieta contra su caparazón hasta que esta firmemente fijada.

Las Medusas son de vida libre y, flotan en el agua mientras son arrastradas por las corrientes. Son animales de aspecto gelatinoso en los que el 95% de la gelatina es agua. Son cazadoras activas que se alimentan de crustáceos, plancton y pequeños peces.

CTENOFOROS ¿Medusas con peines?

A simple vista podrían confundirse con medusas ya que presentan algunas características comunes. Igual que ellas son en su mayoría animales pelágicos, de vida libre, que viven en aguas costeras y oceánicas. Son translúcidos y presentan un cuerpo frágil y flexible, de consistencia gelatinosa.

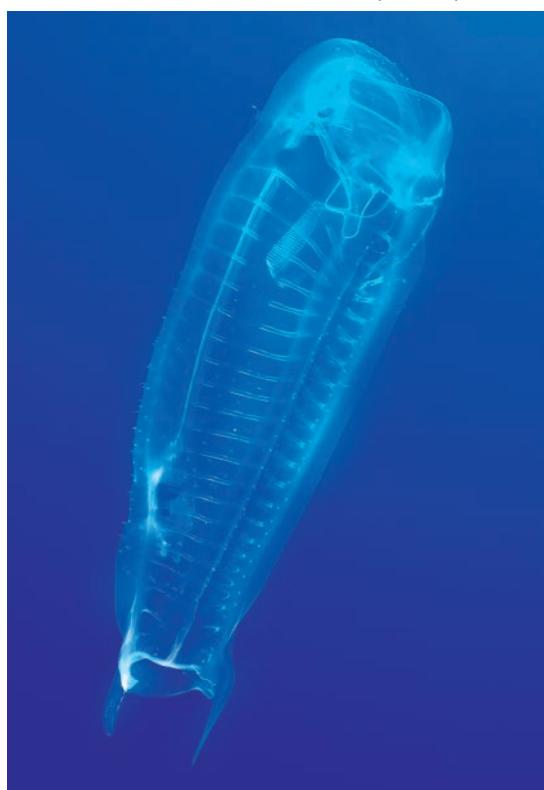
A diferencia de ellas no tienen nematocistos, pero se caracterizan por la presencia de unas células especializadas, los coloblastos, que producen una sustancia pegajosa utilizada para capturar las presas.

Su nombre viene del griego Ktenos: peine y Phora: llevar. Presentan ocho bandas ciliadas que recorren casi todo el cuerpo y que están formadas por placas transversales ciliadas, con aspecto de peines y que en la mayoría de las especies presentan luminiscencia. El movimiento sincronizado de todos los cilios, les permite desplazarse.

Son animales depredadores que se alimentan de pequeños organismos del plancton.



Chrysaora hysoscella.



Ctenoforo.



Bonelia viridis.

EQUIUROIDEOS *Bonelia viridis*. Solo se le ve la trompa

Son gusanos marinos, de color verde, que viven en el interior de grietas ó de rocas. Presentan un cuerpo cilíndrico, con una probóscide extensible con el extremo bifurcado, que no puede retraerse en el interior del cuerpo. Esta probóscide es en realidad un lóbulo céfálico, que lleva un surco ciliado, formando una especie de canaleta, con la que recoge partículas orgánicas y las transporta hasta la boca. Se alimentan de materia orgánica o pequeños organismos del sedimento

Son animales de sexos separados. La hembra es mucho más grande que el macho, que vive parásito dentro de ella. El sexo se determina durante la fase larvaria de una forma muy curiosa. Las larvas son planctónicas y aquellas que entran en contacto con la probóscide de una hembra, son inducidas por hormonas secretadas por ésta, a convertirse en machos enanos, que vivirán en el interior del cuerpo de la hembra. Aquellas larvas que no entran en contacto con una hembra, sufren una metamorfosis que las convierte en hembras.



Hermodice carunculata.

POLIQUETOS: Preciosos plumeros

Son gusanos segmentados, que se caracterizan por tener el cuerpo dividido en segmentos cilíndricos en forma de anillos, en los que llevan unas estructuras quitinosas que se llaman sedas o quetas, que le sirven para anclarse al sustrato. Los hay de dos tipos:

- Errantes: Son gusanos reptantes que se mueven con un movimiento ondulatorio usando las quetas como si fueran patas como, por ejemplo, *Hermodice carunculata*.
- Tubícolas: Son gusanos que viven en el interior de tubos de distinta naturaleza que son fabricados por ellos y le sirven de refugio o escondite. Esto les permite habitar en superficies duras y desnudas como rocas, conchas o corales. O bien vivir sobre superficies blandas como arena o fangos.



Serpula vermicularis.

Llevan una corona de tentáculos ciliados, que les da el aspecto de plumeros y que sirve para recoger alimento y como branquias para la respiración.

Los gusanos se desplazan dentro de su tubo y utilizan las quetas para afianzarse al tubo. Cuando son molestados o están en peligro se repliegan dentro del tubo.

Hay diferentes tipos según la naturaleza del tubo: unos construyen tubos de naturaleza calcárea y otros construyen tubos con granos de arena que van compactando mediante secreciones mucosas.

Hay especies que presentan el penacho branquial con una hendidura que le divide en dos lóbulos y hay especies que presentan un penacho de branquias con bandas generalmente de color morado y otras que presentan el penacho de branquias con varias vueltas en espiral.



Spirographis spallanzanii.

PULPOS, SEPIAS Y CALAMARES con los pies en la cabeza

Los céfalópodos, los moluscos más evolucionados, incluyen los pulpos, los calamares y las sepias. El nombre viene del griego Céphale: cabeza y Podos: pie.

El pie está modificado y se concentra en la región de la cabeza, los bordes se transforman en brazos y tentáculos que llevan ventosas adhesivas para sujetar a las presas y para fijarse al sustrato.

Parte del pie está además modificado formando un embudo o sifón por el que expulsa el agua de la cavidad del manto, permitiendo con ello el desplazamiento del animal por propulsión a chorro. El sifón es móvil y puede ser dirigido hacia delante y hacia atrás para controlar la dirección. La fuerza de expulsión del agua controla la velocidad.

Los céfalópodos presentan rádula, aunque en ellos lo más importante es un par de poderosas mandíbulas en forma de pico, alojadas en la cavidad bucal. Este pico sirve para morder y desgarrar el tejido de las presas, que luego es introducido en la cavidad bucal por medio de un movimiento de la rádula parecido al de la lengua.



Sepia officinalis.



Loligo vulgaris.



Octopus vulgaris.



Detalle del ojo de un pulpo.

Una de las características más importantes de este grupo es la capacidad que tienen para cambiar de color. Estos cambios de color se deben a que presentan en la piel un importante número de células pigmentarias llamadas cromatóforos. Cada cromatóforo es elástico, está lleno de gránulos de pigmento de varios colores y rodeado por células musculares, cuyas contracciones tiran de la membrana del cromatóforo hacia fuera, provocando su expansión y dispersando el pigmento, lo que hace que se produzca un cambio en el diseño de color del animal. Cuando el músculo se relaja, los cromatóforos vuelven a su tamaño original y el pigmento vuelve a concentrarse otra vez. Gracias a ellos, es posible un elaborado sistema de cambios de color, que aseguran un eficaz camuflaje y que incluye el oscurecimiento o empalidecimiento general, la formación de bandas, listas, lunares y manchas irregulares, que pueden ser usados según los casos como coloración protectora, señales de peligro, rituales de cortejo etc.

La mayor parte de los cephalópodos tienen otro mecanismo protector muy característico: la glándula de la tinta, que secreta un líquido

marrón oscuro o negro que el animal expulsa cuando se alarma y que queda suspendida en el agua mientras el animal huye. Se cree que para algunos depredadores como los peces, es repulsiva y bloquea los sentidos.

Estos moluscos presentan órganos de los sentidos muy desarrollados. Presentan un par de ojos situados a ambos lados de la cabeza, que son capaces de formar imágenes. Además los brazos y sobre todo las ventosas poseen numerosas células táctiles y quimiorreceptoras.

Los cephalópodos son de sexos separados y no presentan dimorfismo sexual. Los machos tienen los espermatozoides empaquetados en cápsulas que se llaman espermatóforos, que introduce en la cavidad de la hembra mediante uno de sus tentáculos que está modificado para este fin. Antes de la copula el macho presenta colores de exhibición y hace rituales de cortejo. Los huevos una vez fecundados son adheridos a las rocas formando racimos, como en los pulpos, o bien son depositados uno a uno en el tallo de algún alga como en las sepias.

Las sepías presentan una concha interna completamente calcificada que funciona como estructura de flotación, ocho brazos cefálicos y dos tentáculos retráctiles. Durante el día se encuentran enterradas en el fondo y por la noche entran en actividad nadando y cazando su alimento que consiste sobre todo en pequeños crustáceos.

Los Calamares presentan una concha interna muy reducida de naturaleza cornea, alargada y prácticamente transparente. Presentan un cuerpo alargado y aplastado con dos aletas triangulares y algunos presentan bioluminiscencia. Tienen ocho brazos cefálicos y dos tentáculos no retráctiles.

Los Pulpos no presentan concha y no tienen tentáculos retráctiles. Los pulpos además de morder a las presas con el pico les inyectan veneno. Para sacar a los moluscos de sus conchas perfora estas con la rádula y por el orificio inyecta las enzimas digestivas.

CARACOL y MEJILLÓN moluscos con una o dos conchas

Los dos pertenecen al grupo de los moluscos, cuyo nombre viene del latín *Molluscus*: blando y hace referencia a una de sus características más importantes, el cuerpo blando, quizás por eso lo protegen con una concha que ellos mismos segregan y que a diferencia de los crustáceos va creciendo con ellos. La diferencia fundamental entre ellos es precisamente la concha.

En los caracoles (gasterópodos) la concha es externa, de una sola pieza y enrollada en espiral. Comienza en el ápice que contiene la vuelta más antigua y menor. Las vueltas se hacen sucesivamente mayores girando alrededor de un eje central. Esta formada por carbonato cálcico y su crecimiento, forma y coloración, dependen de factores como la alimentación, el pH, y la temperatura del agua entre otros. Las conchas pueden ser dextrógiras o levóginas, es decir, giran a la derecha o a la izquierda.

Hay especies que segregan una placa cornea, situada en la parte posterior del pie, que se llama opérculo y que recubre la abertura de la concha cuando el animal está en su interior, es como la puerta de la concha.

Presentan una cabeza bien desarrollada, en la que está situada la boca, los ojos y uno o dos pares de tentáculos.

Son organismos bentónicos con una gran capacidad de adaptación. Existen especies herbívoras que se alimentan de algas y es-



Pinna nobilis.



*La oreja del mar (*Haliotis lamellosa*).*



Depredación entre gasterópodos.

pecies carnívoras que se alimentan de esponjas, cnidarios, briozoos, crustáceos, equinodermos y ascidias. También existen especies filtradoras, que se alimentan de partículas en suspensión y plancton.

En los bivalvos, como los mejillones, el cuerpo está comprimido lateralmente y situado dentro de una concha con dos valvas, que están unidas entre sí por el ligamento y la charnela. El ligamento es de proteína elástica y hace que las valvas se abran, su acción es contrarrestada por los músculos aductores o de cierre, cuyas cicatrices de inserción pueden verse a menudo en el interior de la concha.

Casi todos los bivalvos son animales filtradores, que se alimentan principalmente filtrando la materia orgánica que hay en suspensión en el agua o en el sedimento.

PLANARIAS, NUDIBRANQUIOS: Los pequeños principios



Prostheceraeus roseus (planaria).



Godiva banyulensis (nudibranquio).

Cuando los vemos en el agua lo que nos llama la atención son sus colores vivos y su pequeño tamaño, por eso en principio pueden parecernos similares y, sin embargo, son radicalmente distintos.

Las planarias son platelmintos, gusanos planos, que presentan el cuerpo aplanado dorsoventralmente, es decir, que presentan una cara dorsal y otra ventral y suelen ser violetas con bandas blanquecinas. Mientras que los nudibranquios son moluscos desnudos sin concha y de colores vivos.

Las planarias no presentan una cabeza claramente definida, la boca se encuentra en su cara ventral y todo el cuerpo tanto la superficie dorsal, como la ventral está recubierto de cilios, además presentan células que segregan un mucus que facilita el desplazamiento. Estas secreciones mucosas las utilizan además para neutralizar a sus presas, las agarran con su extremo anterior y enrollan su cuerpo alrededor de la presa, evaginando su faringe y absorbiendo pequeños pedazos de comida.

Los nudibranquios presentan una cabeza bien diferenciada con tentáculos y presentan la superficie dorsal del cuerpo con abundantes proyecciones en hilera y en forma de racimo, que son en algunos casos prolongaciones del aparato digestivo y en

otros un penacho de branquias externas situadas en posición posterior y en algunos casos retráctiles.

Han desarrollado mecanismos de defensa, para sustituir a la concha: algunos poseen unas glándulas cutáneas que segregan ácido o sustancias repelentes para los depredadores, otros que se alimentan de hidrozoos han desarrollado la capacidad de transferir, sin descargar, los nematocistos de sus presas a las proyecciones de su cuerpo, donde los emplean como mecanismo de defensa. Y otros que se alimentan de esponjas, presentan espículas en el manto.



Coryphella pedata.

ERIZOS, ESTRELLAS Y HOLOTURIAS. ¿En qué se parecen?

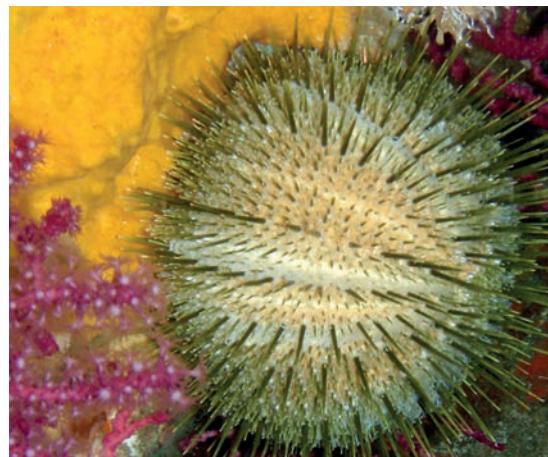
Pertenecen al filum de los equinodermos y agrupa formas tan diferentes como las estrellas de mar, ofiuras, erizos, crinoideos, y holoturias, pero todos ellos con una organización del cuerpo semejante. Las características más importantes de los equinodermos son:

- Presentan simetría radial pentámera por lo que su cuerpo se divide en cinco partes dispuestas alrededor de un eje central (como los radios de una bicicleta)
- Tienen el cuerpo recubierto de placas calcáreas articuladas entre sí, como en las estrellas de mar y las holoturias o soldadas formando un caparazón como en los erizos.
- Tienen un sistema ambulacral, una especie de sistema circulatorio, con unas prolongaciones que salen al exterior y se llaman pies ambulacrales. Gracias a ellos pueden desplazarse.

Los erizos presentan un cuerpo globoso con placas dérmicas fuertemente soldadas entre sí, formando un caparazón armado con espinas móviles. La boca se encuentra



Chaetaster longipes.



Erizo de hondura (Achinus acutus).

en la cara oral y presenta un aparato raspador-masticador denominado *lín-
tima de Aristóteles*, que está formado por piezas calcáreas articuladas y por
el conjunto de músculos que las mueven.

Las Estrellas presentan un cuerpo aplanado dorsoventralmente y flexible,
con un disco central del que parten de una forma gradual los brazos, que son
generalmente cinco. La boca se encuentra en la cara ventral, situada en el
centro del disco y de ella parten tantos canales ambulacrales como brazos.
A lo largo de cada brazo hay un surco ambulacral que presenta en los bordes
espinas que pueden cerrarse sobre el canal y proteger a los pies ambulacrales
del surco.

La superficie del cuerpo es rugosa con espinas, tubérculos o crestas que
pasan a través de las placas que no están soldadas y por eso el cuerpo es re-
lativamente flexible.



Holothuria sancta expulsando los tubos de Cuvier.

Las holoturias presentan un cuerpo alargado y cilíndrico, con el ano en un extremo y la boca rodeada de tentáculos en el otro. Su superficie es blanda, suele estar recubierta de pequeños tubérculos pero no llegan a formar una armadura dérmica.

Se alimentan principalmente de detritos del sedimento, ingiriéndolo y aprovechando la materia orgánica para después expulsarlo en forma de compactos cordones que pueden verse siempre en los fondos arenosos

Algunas especies presentan los tubos de Cuvier que son ciegos del intestino que puede expulsar con fines de protección y que al cabo del tiempo regeneran.

CRUSTÁCEOS Atrapados por el éxito

Incluye percebes, bellotas de mar, gambas, langostas, cangrejos, etc. Su cuerpo está compuesto por un exoesqueleto quitinoso, formado por una serie de placas o segmentos articuladas entre sí y que suele estar calcificado (en algunas especies forman verdaderas corazas). Cada segmento es portador de un par de apéndices que pueden tener diferentes funciones: sensorial, masticadora, captura, locomotriz, respiradora, reproductora, etc.

Este exoesqueleto además de protegerlos les permite anclar unos poderosos músculos y que sus apéndices puedan realizar fuertes tracciones. Pero el exoesqueleto no crece como lo hace el animal. Entonces, es esencial para que el cuerpo aumente de tamaño que se produzca la muda. Tienen una inmejorable protección pero se tienen que deshacer de ella; atrapados por el éxito.

Poco tiempo antes de que suceda la muda la epidermis se separa de la cutícula y forma una nueva. Se segregan enzimas que comienzan a disolver la cutí-

cula antigua, el animal traga agua de manera que la presión interna provoque la rotura de la cutícula y el animal sale por sí mismo del viejo exoesqueleto. Se produce entonces un estiramiento de la nueva cutícula que está todavía blanda. Durante el periodo de muda el animal está indefenso y es muy vulnerable, por lo cual ha de permanecer escondido.

Los crustáceos son un grupo muy complejo, pero para su estudio podemos dividirlos en dos grandes grupos:

- Sésiles (viven fijos a un sustrato), como los percebes y las bellotas de mar. Poseen un exoesqueleto calcificado compuesto de varias placas calizas que forman un caparazón o concha. Presentan unas patas torácicas largas que se extienden a través de una abertura entre las placas calcáreas para filtrar del agua las partículas que les sirven de alimento.
- Móviles, como las gambas, camarones, cangrejos, langostas, cigalas y cangrejos ermitaños.

El cuerpo de las gambas y camarones está comprimido lateralmente y el exoesqueleto es delgado y flexible, permitiendo la natación. Los apéndices locomotores son delgados y los dos o tres primeros pares terminan en forma de pinzas.

El cuerpo de las langostas y cigalas presenta un exoesqueleto grueso y muy calcificado. Los apéndices locomotores son gruesos y el primer par es de mayor tamaño y puede terminar o no en unas potentes pinzas.

El cuerpo de los cangrejos está aplano dorsoventralmente y su esqueleto es grueso y muy calcificado. El caparazón es muy amplio y en algunos casos es más ancho que largo y con contorno variable. El primer par de apéndices es de gran tamaño y acaba en pinzas.

El cuerpo de los cangrejos ermitaños se caracteriza porque el exoesqueleto no protege el abdomen, que es de consistencia blanda y está recubierto por una capa de fina cutícula sin calcificar. Está modificado para encajar en la cámara en espiral de las conchas de los gasterópodos. De sus apéndices torácicos el primer par es de gran tamaño y acaba en unas potentes pinzas y los dos últimos están modificados para sujetar la concha.



Dardanus calidus con la anémona Calliactis parasitica.



Cinetorhynchus rigens.



Phoronis australis.



Dos briozos juntos: el falso coral (*Myriapora truncata*) y encaje de venus (*Sertella septentrionalis*).



En la colonia de *Myriapora truncata*, de donde cuelga el cangrejo ermitaño, se pueden observar los puntitos de las cavidades donde viven los zooides.

LOS FORONÍDEOS que parecen espirógrafos

A este grupo pertenecen unas pocas especies todas ellas marinas que por su aspecto pueden confundirse con poliquetos tubícolas si bien se diferencian de éstos por no presentar segmentación ni quetas laterales.

El lofóforo formado por un pliegue de la pared del cuerpo en forma de herradura que rodea la boca y presenta muchos tentáculos ciliados es una característica del filum.

BRIOZOOS (Animales musgo) Los falsos corales

Se llaman también animales musgo. Son organismos sésiles y coloniales. La colonia está formada por un exoesqueleto calcificado secretado por la epidermis. Este esqueleto presenta numerosas aberturas por donde entra y sale cada miembro de la colonia, que se llama zooide. Cada zooide vive en una pequeña cámara dentro del exoesqueleto y presenta una corona de tentáculos ciliados que sirven para capturar alimento.

Son organismos filtradores que se alimentan de fitoplancton y detritus orgánico, que son capturados por los tentáculos ciliados que permanecen extendidos durante la captación de alimento.

LOS PECES primeros vertebrados y señores del mar

Los peces pertenecen al subfilum de los vertebrados junto a las aves, anfibios, reptiles y mamíferos, siendo en el medio marino, el grupo más numeroso con miles de especies que pueblan todos los mares y como todos los ver-

tebrados se caracterizan por poseer un esqueleto rígido constituido por tejido cartilaginoso o tejido óseo, con una columna vertebral formada por una serie de piezas articuladas denominadas vértebras.

Prácticamente todos los vertebrados poseen un cuerpo dividido en tres regiones, cabeza, tronco y extremidades. En la cabeza se encuentra el encéfalo como órgano principal del sistema nervioso, así como la cavidad bucal y la faringe. El tronco estaría formado por la columna vertebral y la cavidad que aloja la masa visceral. Las extremidades, por último, son estructuras más o menos complejas empleadas normalmente en la locomoción y sustentación del cuerpo y suelen ser pareadas.

Uno de las características más importantes de los peces son las aletas, que están formadas por expansiones membranosas que están sostenidas por varillas esqueléticas. Son apéndices especializados para el desplazamiento. Pueden ser pares o impares y su posición determina su nombre.

Generalmente están recubiertos de piel fuerte con escamas, revestida de un mucus que recubre todo el cuerpo y que le protege contra las sustancias tóxicas, la fijación de parásitos o las rocas, además de favorecer el deslizamiento por el agua. Otra característica importante son las escamas que tienen una marcada función protectora y además permiten estimar la edad de los peces por los anillos de crecimiento anuales, que quedan "marcados" en ellas.

Los peces respiran por branquias, que son un grupo de finas láminas dispuestas en varias hileras situadas detrás de la cabeza, y que les permiten obtener el oxígeno disuelto en el agua.

La mayoría de los peces presenta un cuerpo llamado vejiga natatoria que es



Torpedo marmorata.



Hippocampus hippocampus.



Parablennius pilicornis.

una especie de bolsa contenido gas y que le sirve para controlar la flotabilidad a cualquier profundidad, es como un jácket interno.

Otro órgano característico de los peces es la línea lateral, se extiende por los flancos del pez desde la cabeza hasta la cola y su misión es la de percibir las vibraciones u ondas de presión en el agua producidas por otros organismos.



Sciaena umbra.



Diplodus cervinus.



Zeus faber.

Son animales con pautas de jerarquía y territorialidad defendiendo el territorio como zona de cría, alimentación, refugio, etc. Así mismo, siguen pautas de comportamiento sexual, paradas nupciales, defensas de la puesta, coloraciones y comportamientos especiales en la época de la freza...

Según la naturaleza de su esqueleto se diferencian en dos grandes grupos:

Peces óseos: presentan un esqueleto óseo, vejiga natatoria y opérculo branquial. Incluye prácticamente todos los grupos de peces

Peces cartilaginosos: presentan un esqueleto cartilaginoso, pero no llevan vejiga natatoria ni opérculo. Incluye los tiburones y rayas.

Los peces son animales con reproducción sexual, generalmente mediante sexos separados, aunque también existen especies hermafroditas, y otras que cambian de sexo a lo largo de su ciclo vital, siendo lo más frecuente que comiencen su vida como machos y la acaben como hembras.

Muchos peces tienen fecundación externa en la que la hembra y el macho expulsan coordinadamente sus células reproductoras el agua, donde se produce la fecundación. Otras especies en las que la fecundación es interna, los óvulos son fecundados en el interior de la hembra, quien posteriormente los expulsa al medio. El desarrollo embrionario de estas especies presenta una etapa larvaria de vida libre planctónica que al cabo de unas semanas o meses se transforma en un pez en estado juvenil.

Existen otras especies en las que el huevo se desarrolla en el interior de la hembra. Posteriormente salen al exterior peces en estado juvenil. Estas especies suelen poner pocas crías.

En cuanto a la alimentación, los peces ocupan todos los niveles tróficos en los diferentes ecosistemas. Existen especies herbívoras que se alimentan de algas, fanerógamas y fitoplancton. Otras son omnívoras y se alimentan indistintamente de vegetales y animales. Sin embargo, son las especies carnívoras las más abundantes entre los peces. Estas se suelen alimentar principalmente de moluscos, poliquetos, crustáceos, equinodermos y otros peces. Los de mayor tamaño son capaces de depredar aves y mamíferos.

LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO SUBACUÁTICO

La actividad humana puede provocar en los ecosistemas subacuáticos alteraciones significativas respecto a su evolución natural y que incluso sean irreversibles. La desaparición de una especie o de grandes zonas que suponen el hábitat natural para otras muchas son un ejemplo de esas dramáticas alteraciones.

Por este motivo primero vamos a considerar cuales son los peligros y luego lo que podemos hacer como buceadores para mitigarlos.

LOS PELIGROS QUE CORRE

Vamos a conocer

1. *La importancia de los efectos de la contaminación en los ecosistemas acuáticos.*
2. *Los principales tipos de contaminación del agua.*
3. *Las principales repercusiones de cada tipo de contaminación en el medio acuático y en sus ecosistemas.*
4. *Qué tipo de pesca puede suponer mayor perjuicio en las zonas litorales.*
5. *El posible peligro que representan las actividades subacuáticas para el medio marino.*
6. *Los diferentes efectos perjudiciales que determinadas prácticas pueden suponer.*

Contaminación

Un repaso sobre las principales causas de contaminación de los ecosistemas acuáticos y de las acciones humanas que les afectan, contribuirá a la nuestra toma de conciencia y a que, en la medida de nuestras posibilidades,

nuestras actuaciones sean respetuosas con el medio acuático tanto marino como continental, y que nos impliquemos en la conservación de este patrimonio natural y cultural.

Las comunidades acuáticas son muy sensibles a la contaminación. Los efectos de la contaminación conllevan una importante pérdida de biodiversidad. Se produce una disminución del número de especies presentes, una reducción de la estructura trófica de la comunidad biológica y de la madurez del ecosistema.

En general, podemos distinguir tres grupos fundamentales de contaminación acuática:

- **Contaminación química** (vertidos industriales y agrícolas principalmente): Produce la muerte de los organismos acuáticos por toxicidad inmediata o por toxicidad acumulada a lo largo de la cadena trófica; esta última se produce por la bioacumulación de metales pesados en los tejidos adiposos de los organismos.
- **Contaminación física** (sedimentos y objetos inertes): Produce el enterramiento y asfixia de las comunidades bentónicas. La turbidez del agua también impide la llegada de la radiación solar al bentos limitando el crecimiento de plantas y sin ellas disminuye mucho la cantidad de O₂ disuelto en el fondo. Si la turbidez es grande, también puede disminuir el crecimiento del fitoplancton en la columna de agua, estrangulando desde su inicio la cadena trófica del ecosistema acuático.
- **Contaminación orgánica** (vertidos urbanos): Modifica las características ambientales y tróficas del sistema, y altera drásticamente el desarrollo y la estructura de las comunidades ecológicas habituales del entorno afectado, provocando la eutrofia (saturación orgánica) de medio ambiente. El resultado de la eutrofia son ecosistemas muy desequilibrados con la presencia masiva de unas pocas especies oportunistas, y la drástica disminución de la biodiversidad y la riqueza de especies de la comunidad.

La pesca

Un tipo de agresión específica del medio marino es la sobreexplotación de sus recursos pesqueros. La pesca, llevada a cabo de forma indiscriminada y por encima de las posibilidades de aprovechamiento del recurso, constituye una de las actividades que más perjudican al medio marino. El creciente esfuerzo pesquero, unido a las cada vez más sofisticadas técnicas extractivas, da lugar a una creciente sobreexplotación, llegando en algunos casos a esquilmar los recursos pesqueros.

Además, determinadas modalidades de pesca constituyen una forma especial de agresión al medio. Un ejemplo de ello es la pesca de arrastre que, por su carácter poco selectivo, afecta a los estadios juveniles de algunas especies impidiendo que lleguen a la edad reproductiva y, por lo tanto, que se reproduzcan. Al mismo tiempo, supone la destrucción física e indiscriminada de las comunidades bentónicas litorales.

Las actividades subacuáticas

Aunque la práctica del buceo deportivo, que en sí mismo debe ser considerada como una actividad de bajo impacto ambiental, puede llegar a convertirse en todo lo contrario si los buceadores no somos capaces de desarrollar una conciencia de sostenibilidad, respetuosa y responsable con el medio ambiente. El creciente número de practicantes del buceo constituye un factor de riesgo que puede incidir de forma negativa a los ecosistemas acuáticos.

Uno de los efectos que se pueden producir sobre las comunidades bentónicas es por simple contacto físico, debido a un buceo poco o nada cuidadoso o, simplemente, a la inexperiencia del buceador, que le lleva a no controlar adecuadamente la flotabilidad ni el aleteo y, produciendo el deterioro de los organismos que roza, engancha, o golpea.

Otro efecto perjudicial sobre las poblaciones de determinadas especies se debe a la recolección. Los animales marinos con esqueleto exterior duro, como moluscos, equinodermos y cnidarios de diferentes especies llaman poderosamente la atención de los buceadores por sus particulares características que les hacen atractivos. La concentración de submarinistas en determinadas zonas del litoral hace que la recolección indiscriminada de estos organismos pueda llegar a poner en peligro sus poblaciones. Citaremos como ejemplo la nacra (*Pinna nobilis*), especie protegida de gran interés por tratarse del molusco bivalvo de mayor tamaño del Mediterráneo. Otras especies afectadas son el caballito de mar (*Hippocampus hippocampus*), el coral estrellado (*Actinodendron calycularis*), el coral amarillo (*Dendrophyllia ramea*) y algunas especies de gorgonias, que resultan muy atractivas para los coleccionistas.

Dentro de las especies marinas amenazadas por su extracción, merecen especial mención aquellas que, independientemente de ser atractivas o no, tienen interés comercial, como el coral rojo (*Corallium rubrum*) o el dátil de mar (*Litophaga litophaga*), cuyas poblaciones en determinadas zonas litorales han sido prácticamente esquilmadas. Otras especies cuyas poblaciones están siendo puestas en peligro por su incontrolada recolección son el erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) y la anémona marina (*Anemonia sulcata*), de gran interés gastronómico y, por lo tanto comercial, en algunas zonas costeras.

No debemos olvidar

- 1. Que el creciente número de submarinistas puede suponer un importante riesgo para la conservación del medio marino.**
- 2. Que, no obstante, el submarinismo deportivo es una actividad de bajo impacto ambiental.**
- 3. Que la concienciación ambiental de los buceadores puede contribuir a conservar los valores ambientales de nuestro litoral.**
- 4. Que determinadas prácticas como la recolección y captura de especies puede poner en peligro su existencia.**

La estrecha relación que existe entre el hombre y el agua, especialmente en las zonas costeras marinas, ríos y lagos, hace que tengan especial importancia las acciones y actitudes que los buceadores tengamos en todas nuestras inmersiones.

Vamos a conocer

- 1. Las 10 Reglas de Oro de la CMAS para la práctica del submarinismo de manera responsable con el medio ambiente.**
- 2. La iniciativa de la limpieza de fondos marinos como compromiso entre los buceadores y el medio acuático.**
- 3. El Decálogo para las limpiezas de fondos marinos.**
- 4. El perjuicio que pueden causar las embarcaciones de pesca y deportivas en los fondos.**

Es fundamental que pongamos todo de nuestra parte para evitar que nuestra actividad como buceadores se convierta en un elemento perjudicial para el medio marino. En este sentido, resulta muy apropiado tener siempre presente las 10 Reglas de Oro de la CMAS para la práctica del buceo de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente subacuático marino, llegando idealmente a que el buceador se integre en este mundo de forma que no suponga ningún efecto negativo sobre el ecosistema. Este decálogo dice:

- 1.** No entre nunca en el agua caminando sobre los corales vivos ni las plantas acuáticas.
- 2.** Domine su flotabilidad.
- 3.** Manténgase a distancia de los corales y otros animales y no remueva los sedimentos.
- 4.** Controle el lugar donde fondee el ancla si bucea desde una embarcación.
- 5.** No moleste, no toque ni alimente a los animales.
- 6.** No rompa por simple placer, no compre ni coleccione corales y conchas como recuerdo.
- 7.** Sea prudente cuando bucee en grutas: las burbujas y el simple contacto pueden destruir este ambiente tan frágil.
- 8.** Mantenga los lugares de buceo limpios.
- 9.** Estudie la vida subacuática y evite toda destrucción.
- 10.** Haga que sus compañeros de inmersión respeten estas normas.

Hay que tener en cuenta que cualquier efecto negativo que un solo buceador produce puede verse multiplicado con el número total de buceadores de forma que lleguen a infligir graves daños al ecosistema.

La mejor opción es aceptar el compromiso para salvaguardar los valores ecológicos que nos rodean, a través de la participación en acciones en defensa del medio ambiente marino que contribuyan a hacer compatible esta actividad con el medio. Un ejemplo de ello es la participación en las, cada vez más numerosas, campañas de limpieza de los fondos marinos, que se llevan a cabo en nuestro litoral.

La limpieza de fondos

Hay que tener presente que la limpieza de los fondos acuáticos, como actividad de participación masiva, debe llevarse a cabo atendiendo a una programación previa, en la que resulta fundamental prestar especial atención a aspectos tales como la elección de la zona, la existencia de infraestructura suficiente y la elaboración de un plan de actuación adecuado.

Conviene resaltar que realizar este tipo de acciones sin tener en cuenta algunos sencillos consejos puede contribuir a provocar, de forma involuntaria, daños que, en algunos casos, podrían alcanzar notable relevancia y que harían que esta actividad se alejase del cumplimiento de su verdadero objetivo. Por ello, es necesario informar y formar, contando con el apoyo y asesoramiento de personas y entidades conocedoras de la materia.

En este sentido, resulta muy útil recordar diez indicaciones sencillas, a modo de decálogo del participante, para que la contribución de cada buceador pueda llevarse a cabo con las mayores garantías de éxito.

1. Situación en el fondo. ¿Es necesario mover muchas piedras o remover en exceso el fondo para rescatar el elemento en cuestión? A veces es mayor el daño que se puede producir en el entorno que el beneficio aportado.
2. Tamaño. ¿El elemento o estructura a recuperar tiene un tamaño abordable? Si se trata de algo excesivamente pesado para los medios de que disponemos es mejor dejarlo donde estaba, proceder a su señalización y comunicarlo a la organización.
3. Peligrosidad. Si encontramos algún elemento que por su naturaleza (por ejemplo una antigua bomba) o su contenido (como en el caso de una batería de coche) puede ser potencialmente peligroso para los buceadores o el medio ambiente, en ningún caso hemos de tocarlo. Se procederá a su balizado con el amarre en un área próxima, nunca en el objeto en cuestión para evitar manipulaciones que resulten en un accidente, y se informará rápidamente a las autoridades portuarias o a la Guardia Civil.
4. Integración en el medio. Algunos elementos de origen externo al medio marino han pasado a formar parte de él de tal forma que, lejos de constituir una verdadera agresión ambiental, se han integrado incluso en el paisaje. Para ello hay que tener en cuenta el porcentaje de recubrimiento del elemento que queremos recuperar. Si está recubierto por organismos diversos en más de un 50% convendría considerar la posibilidad de dejarlo donde está.
5. Colorido. El colorido que presenta el elemento a recuperar propor-

ciona una cierta información acerca de los organismos que lo recuperen. De esta forma, normalmente la presencia de muchos colores distintos se suele traducir en una alta diversidad específica (a más colores, más especies presentes).

6. Presencia de elementos huecos. Antes de decidir rescatar un elemento del fondo conviene cerciorarse de la presencia de posibles oquedades que pudieran albergar en su interior formas de vida (peces, moluscos, crustáceos, organismos coloniales, etc.) y evaluar en qué medida se podrían ver afectados al desaparecer de allí la estructura que, posiblemente, le servía de cobijo y/o sustrato de asentamiento. En cualquier caso, se debe tener la precaución de recuperar el elemento dejando en el agua a los organismos que tuviera dentro.
7. Elementos biodegradables. Hay elementos que se pueden degradar con el paso del tiempo por lo que, en general, no suponen grave riesgo para el ecosistema, otros como por ejemplo plásticos, PVC, etc., que no se degradan, deben ser eliminados del fondo teniendo en cuenta las consideraciones anteriores.
8. Recuerdos. Hay que procurar no llevarse ningún organismo vivo como "recuerdo" de nuestro paso por el fondo (animales con concha, algas calcáreas, etc.). Por atractivos que puedan parecer, siempre estarán mejor en su medio que en la "vitrina de trofeos" de casa.
9. Bucear con cuidado. Se debe procurar bucear de forma que causemos el menor daño al ecosistema (no arrastrarse por el fondo, tener cuidado con el movimiento de las aletas, etc.). De no tenerse esto en cuenta, se podrían provocar, de forma involuntaria, alteraciones importantes de carácter negativo en el entorno.

10. No perturbar el entorno. Es muy importante que los elementos que no han sido retirados del fondo y los que han tenido que ser movidos para retirar otros queden como estaban antes de iniciar la recogida (donde estaban y como estaban). Para muchos organismos resulta vital su situación y orientación.

Otro elemento a considerar son las perturbaciones ocasionadas sobre las condiciones ambientales y físicas del fondo por las embarcaciones de recreo.

Las embarcaciones de recreo, al fondearse en zonas donde existen praderas de fanerógamas marinas o rocas tapizadas de organismos vivos, inciden en estas áreas de manera puntual ocasionando destrozos. La suma de las acciones de todas las embar-



¿La dejamos en el fondo?

caciones a lo largo del tiempo produce amplias zonas dañadas que, al no cesar esta actividad, difícilmente vuelven a regenerarse, ocasionando así su pérdida y la de todo el ecosistema asociado a estas praderas o fondos rocosos, con el consiguiente empobrecimiento ecológico de la zona. En este sentido, resulta cada día más necesario establecer zonas de fondeo en lugares cuyo fondo sea de arena o mejor aún, instalar boyas de amarre para embarcaciones en áreas de especial interés por la constitución de sus fondos.

No debemos olvidar

1. Que, como buceadores, somos responsables del cuidado de los fondos marinos.
2. Que existen 10 Reglas de Oro de la CMAS para la práctica del submarinismo de manera responsable con el medio ambiente.
3. Que las campañas de limpieza de fondos marinos son acciones verdaderamente importantes de cara a la conservación de nuestro entorno.
4. Que existe un decálogo útil para las campañas de limpieza de fondos marinos.
5. Que la acción de numerosos barcos de pesca y embarcaciones deportivas pueden suponer una gran agresión para el medio marino.

BIBLIOGRAFIA

CALVÍN, J. C. (1995) El ecosistema marino mediterraneo. Edición y distribución Juan Carlos Calvín.

COGNETTI, G., SARÀ, M. y MAGEZZU, G. (2001). Biología marina. Ariel, Barcelona, 619 pp.

HICKMAN, C. P., ROBERTS, L. S. y LARSON , A. (2002) Principios integrales de zoología. 5^a Ed., McGraw Hill – Intermaericana, Madrid, 895 pp.

RAMOS, A., CIFUENTES, P., GONZÁLEZ, S. Y MATAS, L. (1998). Diccionario de la Naturaleza. 2 Tomos. Espasa-Calpe, Madrid, 275 pp.

CUESTIONES - CAPÍTULO 5

1. ¿Cómo se llaman los planos de cambio de temperatura del agua entre los diferentes estratos?

2. ¿En condiciones ideales hasta qué profundidad penetra la luz solar?

3. Ordena de menor a mayor profundidad las zonas: afótica, eufórica y disfótica.

4. Si un organismo subacuático tiene siempre una densidad mayor que la del agua ¿cómo puede mantener la flotabilidad?

5. ¿La *Actinia equina* (tomate de mar) puede permanecer en la zona supralitoral?

6. ¿Una morena se desenvuelve en el ambiente bentónico o en el pelágico?

7. ¿Una medusa se desenvuelve en el ambiente nectónico o en el planctónico?

8. ¿El sargo y la mojarra qué comparten taxonómicamente el género y/o la especie?

9. ¿Qué tienen en común un mejillón y una sepia?

10. ¿Existen flores de posidonia?

11. ¿Existen flores de *Acetabularia mediterránea*?

12. ¿Es cierto que algunas algas se agarran al fondo y obtienen mediante raicillas sustancias de él?

13. ¿Qué filum se encuentra más próximo a los peces (vertebrados), los moluscos, las ascidias o los crustáceos?

14. ¿Qué tipo de animal pluricelular es el más sencillo?

15. ¿Qué animal es el que el macho vive parásito en el interior de la hembra?

16. ¿Es cierto que todos los cefalópodos tienen ocho brazos céfálicos y dos tentáculos retráctiles?

17. ¿La oreja de mar es un gasterópodo o un bivalvo?

18. ¿Cómo realiza la muda de su concha un cangrejo ermitaño?

19. ¿Cuáles pueden ser las consecuencias de que en una zona los bañistas saquen todas las estrellas de mar que vean?

20. ¿Las langostas tienen grandes pinzas o pequeñas?

21. Los organismos que forman parte del plancton:

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Nadan libremente en el agua
- B.- Tiene limitada la capacidad de movimiento y normalmente son arrastrados por las corrientes
- C.- Viven pegados al fondo
- D.- Ninguna respuesta es verdadera

22. Las algas:

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- No presentan raíz, tallo y hojas
- B.- Según sus pigmentos pueden ser verdes, rojas y pardas
- C.- Todas las algas tienen los mismos requerimientos de luz
- D.- Son verdaderas A y B

23. Las praderas de posidonia

(Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas)

- A.- Son praderas de algas que ensucian las playas
- B.- Son fanerógamas que forman una de las unidades paisajísticas más típicas de nuestro litoral
- C.- Forman una estructura estable que amortigua el oleaje y frena la erosión de la costa protegiendo las playas
- D.- La respuesta A no es verdadera

24.Las esponjas:

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- Presentan el cuerpo perforado por pequeños y numerosos poros _____
- B.- No presentan ni tejidos, ni órganos diferenciados _____
- C.- Presentan un esqueleto formado por pequeños elementos duros llamados espículas. _____
- D.- Todas son verdaderas _____

25.Las ascidias coloniales:

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- No hay ascidias coloniales, todas son solitarias _____
- B.- Están formadas por un gran número de individuos claramente diferenciados en los que cada uno posee su propia túnica. _____
- C.- Son masas de individuos fusionados entre sí. _____
- D.- Son todas incrustantes _____

26.El Filum Cnidarios:

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- Incluye formas de apariencia tan diferentes como las medusas y las anémonas. _____
- B.- Presentan unas células especiales llamadas cnidocitos _____
- C.- Presentan unas células especiales llamadas coloblastos _____
- D.- Son todos de vida libre. _____

27.Las medusas:

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- Son de vida libre y flotan en el agua mientras son arrastradas por las corrientes _____
- B.- Tiene forma de campana con la boca y los tentáculos dirigidos hacia abajo _____
- C.- Son cazadoras activas que se alimentan de crustáceos, plancton y pequeños peces _____
- D.- Todas las afirmaciones son verdaderas _____

28.El nombre de ctenóforos hace referencia a:

- A.- Las ocho bandas ciliadas que recorren el cuerpo, formadas por placas ciliadas en forma de peines. _____
- B.- Su órgano del equilibrio llamado estatocisto _____
- C.- Su capacidad para presentar bioluminiscencia _____
- D.- Son translúcidos _____

29. Los Poliquetos tubícolas:

Marca con una X las afirmaciones que sean verdaderas.

- A.- Son gusanos que viven en el interior de tubos que ellos mismos fabrican
- B.- Llevan una corona de tentáculos ciliados que les da el aspecto de plumeros
- C.- Cuando están en peligro se retraen dentro del tubo
- D.- Todas las afirmaciones son verdaderas

30. Indica si es verdadero o falso

- A.- Las Planarias son gusanos planos con el cuerpo recubierto de cilios V F
- B.- Los Nudibranquios son moluscos desnudos que presentan en la superficie del cuerpo proyecciones en forma de racimo V F
- C.- Las Planarias y los Nudibranquios pertenecen al mismo Filum V F
- D.- Los Nudibranquios presentan una cabeza bien diferenciada con tentáculos V F
- E.- La contaminación del agua afecta a las comunidades biológicas disminuyendo el número de especies y alterando la madurez del ecosistema. V F
- F.- Uno de los peores efectos que puede producir un buceador sobre las comunidades bentónicas, se debe a un control incorrecto de la flotabilidad produciendo el deterioro de los organismos que roza o golpea con las aletas. V F
- G.- No se deben rescatar del fondo del mar aquellos elementos que aunque de origen externo, han pasado a formar parte de él albergando formas de vida. V F
- H.- Las holoturias pueden expulsar los ciegos del intestino como mecanismo de defensa. V F
- I.- Las estrellas se desplazan gracias a su sistema ambulacral V F
- J.- Los erizos presentan un aparato masticador llamado linterna de Aristóteles V F

Anexo

Gobierno de embarcaciones

Un buceador tres estrellas debe ser capaz de gobernar embarcaciones auxiliares para participar en la organización de una inmersión. Así se reconoce en el currículo del curso de B3E CMAS. Sin embargo, en nuestro país para el gobierno de embarcaciones, tanto de recreo como profesionales, existe una normativa que promulga el Ministerio de Fomento.

La Orden del Ministro de Fomento de 26 de octubre de 2007, por la que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo, establece las titulaciones que habilitan para el gobierno de embarcaciones de recreo y las condiciones para su obtención, conforme a lo previsto en los artículo 86.1 y 9 de la Ley 27//1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

En esta orden se establece que las federaciones náutico-deportivas de vela y motonáutica podrán expedir autorizaciones para el gobierno de embarcaciones de recreo de hasta 6 metros de eslora y una potencia máxima de motor adecuada a las mismas y en todo caso, inferior a 40 kw, válidas para navegación realizada en período diurno en zonas delimitadas por la capitánía marítima correspondiente.

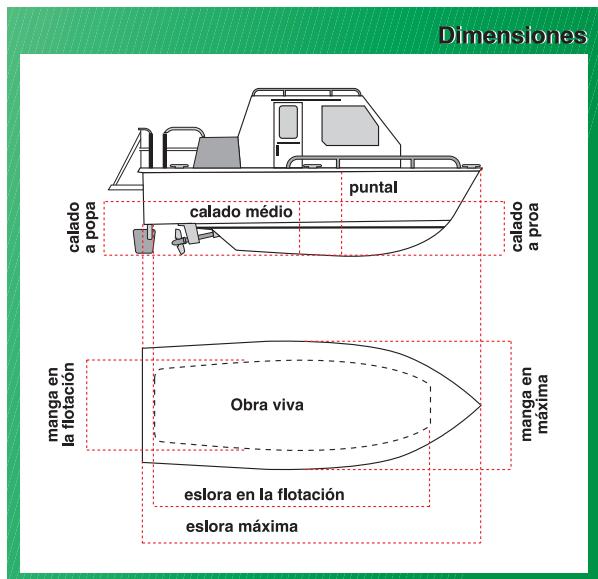
Los contenidos de este anexo no solo se ajustan al currículo del curso CMAS de B3E sino que, también, se ajustan a los contenidos de las pruebas teóricas que las mencionadas federaciones realizan para expedir las autorizaciones.



NOMENCLATURA NÁUTICA

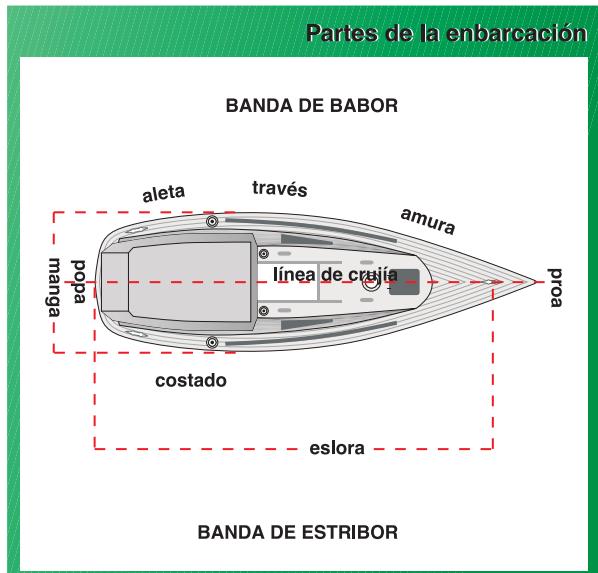
Dimensiones

- **Buque.**- La palabra designa a toda clase de embarcaciones, incluidas las embarcaciones sin desplazamiento y los hidroaviones, utilizadas o que puedan ser utilizadas como medio de transporte sobre el agua.
- **Eslora.**- Es la longitud de la embarcación.
- **Manga.**- Es el ancho de la embarcación.
- **Calado.**- Se llama calado a la distancia vertical desde la parte inferior de la quilla, hasta la línea de flotación.



Partes de la embarcación

- **Proa.**- Es la parte delantera de la embarcación, la que rompe el agua en el sentido de avance, hay distintos tipos de proa; lanzada, recta, de bulbo, de gota de agua, rompehielos, etc.
- **Popa.**- Es la parte posterior de la embarcación, asimismo hay diferentes tipos de popas; llana, de crucero, redonda, etc.
- **Estríbor.**- Si nos colocamos en el plano de crujía en la popa mirando hacia proa a la derecha.
- **Babor.**- Si nos colocamos en el plano de crujía en la popa mirando hacia proa a la izquierda.
- **Casco.**- Es el envolvente de la embarcación, sin contar arboladura, máquinas ni pertrechos.
- **Obra viva.**- Se denomina así a la parte sumergida del casco, es decir toda la parte que está por debajo de la línea de flotación, el equivalente de la misma es la carena de la embarcación.



- **Obra muerta.**- Es la parte que emerge a partir de la línea de flotación hasta la borda de la embarcación.
- **Línea de flotación.**- Es la línea que separa la obra viva de la obra muerta, y que quedaría representada por la superficie del agua.
- **Costado.**- Es la parte exterior del buque, si consideramos un plano que pase por la línea proa-popa, denominado crujía, nos determina dos costados el de Er. y el de Br.
- **Amura.**- Parte delantera de los costados que convergen hacia la proa, hay dos Amura de Er. y Amura de Br.
- **Través.**- Se denomina así a la línea perpendicular a la proa-popa, por el centro del buque, y que forma por lo tanto 90°.
- **Aleta.**- Parte posterior de los costados que convergen hacia la popa, hay dos; Aleta de Er. y Aleta de Br.
- **Cubierta.**- Son los pisos de la embarcación, y se sujetan a los "Baos". La cubierta principal es la más resistente, es la que cierra el casco.
- **Sentinias.**- En los buques pequeños son las partes inferiores, donde se van depositando las aguas que se filtran por los costados o bien por derrames de líquidos.

Estructura, accesorios y elementos auxiliares

- **Quilla.**- Es la parte estructural del casco que de proa a popa sirve de base a las cuadernas y cuerpo del barco.
- **Cuadernas.**- Son las costillas de una embarcación.
- **Candeleros.**- Son barras de hierro o madera verticales, para formar barandillas, pasamanos, etc.
- **Bañera.**- Cámara abierta en los yates que permite el gobierno de la embarcación a través de la caña o rueda del timón.
- **Tambucho.**- Casetas o cierre de la cubierta superior, sirve para resguardar la abertura de una bajada, la tapa corrediza que la corona recibe el nombre de TAPACETE.
- **Timón** es una plancha o pala de madera o metálica colocada en posición vertical que gira al rededor de un eje. Va colocado a popa de las embarcaciones y sirve para el gobierno de los buques.
- **Hélice.**- Se denomina así a la pieza de hierro, acero o aleación que acoplada a un motor o máquina, proporciona el elemento propulsor de la embarcación.
- **Núcleo.**- Es la parte de la hélice donde van apoyadas las palas.

- **Palas.**- Son porciones que unidas al núcleo firme y con una inclinación conveniente producen el avance al girar la misma.

- **Eje.**- Línea que une el motor con el núcleo.

- **Bocina.**- Orificio por donde entra el eje de la hélice en el interior de la em-



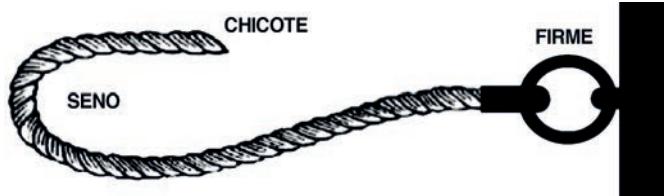
Cornamusa.

barcación. Para evitar filtraciones de agua se le pone prensa estopa.

- **Cornamusas.-** Piezas de madera o metal en forma de T y que sirven para amarrar cabos, drizas, etc. a bordo, fabricadas con cualquier clase de material.
- **Bitas.-** Piezas de hierro o madera, fijadas fuertemente a la cubierta de la embarcación en sentido vertical, generalmente apareadas, sirven para encapillar los cabos haciéndolos firmes.

Elementos de amarre y fondeo

- **Chicote.-** Nombre que se le asigna al extremo de un cabo o cable.
- **Seno.-** Arco o curvatura que forma el cabo entre los extremos que lo sujetan.
- **Gaza.-** Ojo, anillo u óvalo que se hace con el chicote.
- **Firme.-** Parte más larga o sujeta del cabo.
- **Vuelta.-** Atadura a amarradura de un cabo a un objeto.
- **Noray.-** Pieza generalmente de hierro, afirmada a los muelles para hacer firme las amarras de una embarcación.
- **Bolardo.-** Pieza de acero moldeada, anclada en los muelles para hacer firme las amarras.
- **Argolla.-** Aro de metal grueso afirmado en buques o muelles, para amarrar a las embarcaciones.
- **Muertos.-** Bloque de hierro, piedra, cemento, anclas, etc. que descansa y está firmado en el fondo, y sujeta a las boyas o balizas por medio de cadenas o cabos.
- **Boyas.-** Son cuerpos flotantes que amarrados a los muertos, sirven para amarre de las embarcaciones, señalizaciones de peligros, canales, enseñadas a los puertos etc.
- **Defensa.-** Utensilio usado para defender la embarcación de roces o golpes al atracar o desatrancar (abarroar). Las defensas pueden ser de diversos materiales, cabos estopa, corcho, goma hincharable, fibra o neumáticos de coches.
- **Bichero.-** Asta de madera con herraje firme en uno de los extremos, pudiendo ser el herraje de diferente forma. Su función es ayudar al atraque y al desatraque.
- **Ancla.-** Pieza de hierro o de madera, pesada y fuerte con forma de arpón o de anzuelo y que va unido a la embarcación por un cabo o cadena, permite sujetar la embarcación al fondo.



Noray.



- **Anclope.**- Es un ancla de pequeño tamaño, para embarcaciones menores.
- **Cadena.**- Conjunto de grilletes entrelazados que unidos a la cabeza del ancla, que se denomina arganeo, permite fijarla en el otro extremo a la embarcación.
- **Grillete de cadena.**- La medida de veinticinco metros de cadena.
- **Fondear.**- Es fijar la embarcación mediante el ancla. Previamente se habrá buscado el fondeadero.
- **Levar.**- La operación de subir el ancla a bordo recibe este nombre.
- **Garrear.**- Se dice que una embarcación garrea, cuando su ancla resbala sobre el fondo, no quedando el buque fijo en estas circunstancias.

SEGURIDAD

Precauciones para no perder la flotabilidad

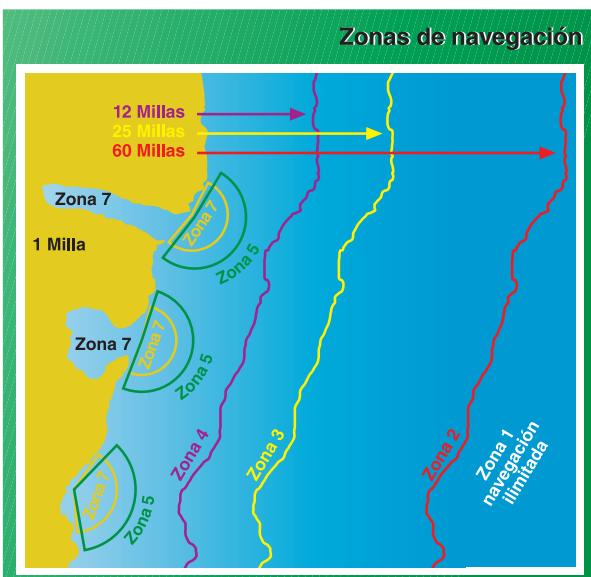
La flotabilidad es la característica más importante de la embarcación junto con la estabilidad. Por su razón de ser, la embarcación debe de flotar, y además, debe de ser lo suficientemente estable como para que no peligre esa flotabilidad.

Para asegurarnos la flotabilidad, debemos de asegurarnos que todos los orificios que permiten el contacto directo del interior de la embarcación con el agua, estén cerrados:

- **Grifos de fondo.**- Son grifos o válvulas que comunican directamente el interior de la embarcación con el agua de la mar, para el servicio de inundación y para el achique; también se les conoce como válvulas de fondo. Van acoplados a unas aberturas en el costado; llevan una rejilla exterior para impedir la entrada de cuerpos extraños que los obstruyan.

- **Imbornales.**- Son agujeros practicados en el forro exterior, a la altura del trancanil, para dar salida al agua de la cubierta que se embarca por golpes de mar.

Además, procuraremos achicar el agua que entre dentro (por rocíos de mar, por ejemplo) de forma eficaz y rápida. Para ello usaremos los medios de que dispongamos a bordo.

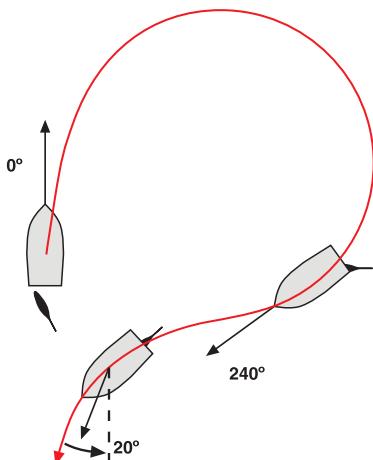


- **Bombas de achique.-** Son máquinas hidráulicas accionadas por un motor, eléctricamente o manualmente.

Material de seguridad para la zona 5

- **Chalecos.-** Las embarcaciones que naveguen en las Zonas 2 a 7 llevarán como mínimo un chaleco salvavidas por persona autorizada y tantos chalecos para niños como niños naveguen a bordo. Es fundamental que el chaleco sea capaz de poner boca arriba a una persona consciente o inconsciente en 5-10 segundos.
- **Señales de emergencia.-** Toda embarcación de recreo deberá disponer de las señales pirotécnicas de socorro. En la Zona de navegación 5 son necesarias tres bengalas de mano.
- **Línea de fondeo** cuya longitud no podrá ser inferior a cinco veces la eslora de la embarcación. La longitud del tramo de cadena será como mínimo igual a la eslora de la embarcación, excepto en las embarcaciones menores de 6 m de eslora en las que la línea de fondeo puede estar constituida enteramente por estacha. No son admisibles cadenas ni estachas empalmadas sin grillete.
- **Material de armamento diverso.-** Toda embarcación de recreo deberá llevar a bordo el siguiente material de armamento:
 - a. Una caña de timón de emergencia en embarcaciones de vela y en las de un solo motor si el gobierno es a distancia, excepto si el motor es fueraborda o de transmisión en z.
 - b. Un mínimo de dos estachas de amarre al muelle (en su caso), de longitud y resistencia adecuados a la eslora de la embarcación.
 - c. Un bichero.
 - d. Un remo de longitud suficiente y dispositivo de boga, o un par de zaguales para embarcaciones de eslora inferior a 6 metros.
 - e. En las embarcaciones neumáticas rígidas y semirígidas, un inflador y un juego de reparación de pinchazos.
 - f. Un botiquín.
 - g. Bocina de niebla. Puede ser a presión manual o sustituible por bocina accionada por gas en recipiente a presión. En este caso, se dispondrá de una membrana y un recipiente de gas como respetos.
 - h. Espejo de señales. Código de señales. Si monta aparatos de radiocomunicaciones.
 - i. Extintor tipo 21B.
- **Medios de achique.-** Las embarcaciones de recreo de las zonas 4, 5 y 6 deberán al menos ir provistas de un balde y una bomba.

Hombre al agua A



Emergencias

- **Hombre al agua, acciones inmediatas.-** Si hemos visto caer a la persona, lo gritaremos inmediatamente, de forma que quien vaya al timón pueda iniciar la maniobra y marcar en el GPS la posición de la caída (para eso está el botón MOB, pero si no tenemos GPS, anotaremos la posición y la hora a mano, tomando alguna referencia de la costa.). Así, todos los que estamos a bordo pondremos vigilancia en el naufrago, para evitar perderlo de vista. Además, le tiraremos el aro salvavidas, para ayudarlo a sostenerse, ayudarlo a evitar la deriva y tenerlo marcado.

Respecto a las comunicaciones, se emitirá una señal de PAN PAN.

- **Hombre al agua, maniobras.-** Siempre será meter el timón a la banda por la que ha caído el naufrago, lo que tiene el objetivo de librarse de la hélice. Luego, en función de si hemos visto caer a la persona por a bordo o no, hay varias maniobras que pueden hacerse para la recogida del naufrago:

A) No hemos visto caer al naufrago:

Esta evolución es adecuada para cualquier tipo de barco, y nos lleva rápidamente al rumbo opuesto del original.

* Persona desaparecida. Señales de emergencia, vigilancia...

* Todo a una banda.

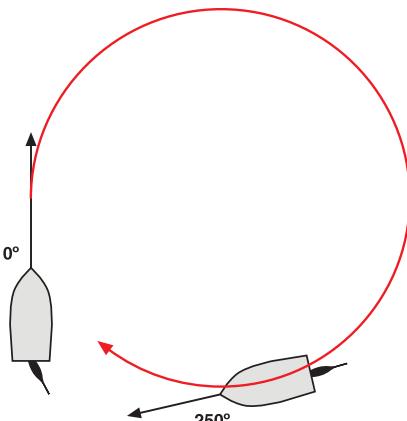
* Desviados 240°, frenar la caída del barco (llevando el timón a la banda contraria) hasta conseguir rumbo opuesto.

B) Hemos visto caer al naufrago:

Esta recomendada para barcos rápidos. Es la evolución simple, es decir, meter el timón a la banda por la que cayó la persona, hasta desviarnos 250°, momento en el que ponemos timón a la vía (al centro) y paramos maquinas. El objetivo es encontrar al naufrago por la proa.

- **Remolque en la mar.** Cuando tengamos que ser remolcados, tendremos que tener en cuenta ciertas precauciones básicas tanto en la ma-

Hombre al agua B



niobra de tomar remolque con durante la navegación como remolcados.

- **Maniobra de aproximación:** El barco que vaya a ejercer de remolcador irá con poca maquina, por barlovento del remolcado (de esta forma, es más fácil hacerle llegar cabos y además, si el remolcador es más grande, le dará al remolcado socaire para facilitar el amarre). Es muy importante tener en cuenta la dirección del viento y la fuerza, así como las superestructuras y calados de ambas embarcaciones, para tener una idea de cómo abatirá cada una de ellas. Si no es posible la aproximación se puede utilizar una boya para acercar las amarras del remolque.

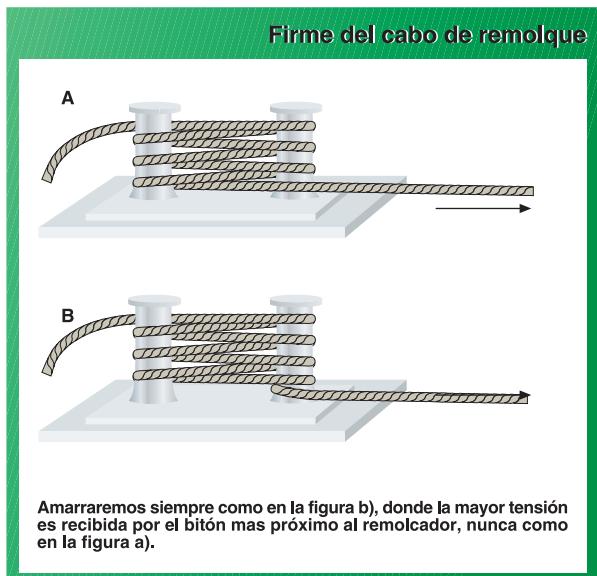
- **Dar y tomar el remolque:** Una vez próximos el remolcador y el remolcado, el remolcador disparará el lanzacabos, teniendo en cuenta el viento reinante. El remolcado cobrará de la guía para poder hacer firme el cabo de remolque en cubierta. Las amarras deben ser resistentes y poder absorber los tirones.

- **Forma de navegar el remolcador y el remolcado:** La longitud del remolque dependerá de los tamaños de ambos barcos (y obviamente de los recursos de que dispongamos). Como regla general, en mar abierto la longitud del cabo de remolque será la máxima posible. A la hora de navegar, lo ideal es que remolcador y remolcado estén a la vez en una cresta o en un seno, para evitar tirones del cabo de remolque. También es conveniente que el remolque tenga bastante flecha (seno). Navegando, los cambios de rumbo deben ser suaves (de unos 10°). El remolcado ha de gobernar tratando de seguir aguas al remolcador, de forma que si el remolcador cae a babor, el remolcado meterá el timón a la banda contraria, para luego corregir la maniobra.

- **Riesgo al hacer combustible. Derrames. Gases explosivos en espacios cerrados.** Antes de hacer combustible (hacer consumo) se deben de parar los motores y aparatos que puedan generar chispas. Además, durante la operación hay que vigilar que no se produzcan derrames, y si se producen, secarlos bien con un paño limpio.

Es importante mantener una ventilación adecuada de los espacios cerrados, como espacios del motor, sentinelas etc. porque la acumulación de gases tóxicos / inflamables es habitual debida a los vapores que emite el combustible, aceites, etc, con el consiguiente peligro de incendio.

Está prohibida toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción: a. zonas portuarias, b. aguas protegidas y c. otras zonas como ríos, bahías y similares.



Concepto de los peligros para la navegación

Sin duda todos los que navegamos podemos afirmar que el mayor peligro al que nos enfrentamos en la mar es la niebla. La falta de certeza visual ante lo que tenemos cerca de nuestra embarcación (perfíles costeros, otros barcos, rocas, salientes, bajos...) hace peligrar nuestra seguridad. Podemos pensar que las señales audibles son una buena guía, y de hecho, ahí están, pero no debemos fiarnos de ellas pues más allá de las 3 millas de distancia, pueden confundirse o diluirse en la niebla. Lo mismo ocurre con las ondas de radio: la niebla densa puede desviárlas, y hacer que tengamos una mala recepción/emisión.

Es particularmente importante tener cuidado con:

- **Los bajos o bancos.-** promontorios del fondo submarino donde la sonda o profundidad decrece, con el riesgo de que una embarcación pueda tocarlo con la quilla, varando y sufriendo a veces grandes desperfectos.
- **Las piedras que velan.-** escollos o arrecifes que sobresalen del agua. Velar significa mostrarse cualquier objeto sobre la superficie del agua. Muchas veces no es fácil detectarlas incluso en pleno día debido al oleaje especialmente si sobresalen poco. Las consecuencias de un abordaje contra ellas puede ser motivo de naufragio inmediato.

Navegación en aguas poco profundas

Evidentemente, serán aguas “someras” o “poco profundas” aquellas zonas de navegación en las que la sonda (distancia desde la quilla hasta el lecho marino) sea pequeña con respecto al calado de la embarcación.

La navegación en estas aguas resulta delicada, porque un efecto conocido como “squat”, que podríamos representar como una “succión” que frena a la embarcación, haciendo a la vez que la proa se meta más dentro del agua, con lo que existe peligro de “clavarla” en el fondo.

Además, otros factores son que la estructura y el motor sufren, el barco no obedece al timón, etc.

Las precauciones básicas en aguas someras son tener el ancla lista para fondear, y si lo hay disponible, un anclote a popa.

- **Rompiente.-** es un bajo, arrecife o costa donde las olas rompen y se levanta la mar. Siempre que se pueda, en la mar, se procurará alejarse de las rompienes. Hay que prestar mucha atención a las que se producen en las entradas de puertos y rías pues pueden ser poco visibles desde la mar. Al atravesar una rompiente se deberá llevar el motor revolucionado para no perder el gobierno. Si se trata de entrar en alguna playa donde existen rompienes, como la ola vendrá por la popa, habrá que acelerar

en el momento que nos alcanza la ola y desacelerar a continuación.

- **Las precauciones con bañistas y buceadores.-** La Autoridad Competente (la capitánía marítima) puede restringir la navegación según su criterio en determinadas zonas, por razones de seguridad, e incluso prohibir la salida de puerto cuando las condiciones meteorológicas así lo exijan.

No se fondeará a menos de 200 metros de las playas con bañistas a excepción de hacerlo en los lugares indicados para ello. Habrá que navegar por todas estas zonas con la velocidad de seguridad que será cercana a la mínima de gobierno, o unos 3 nudos máximo. Las embarcaciones menores de 4 metros de eslora a motor o vela que se dirijan hacia la costa, lo harán lo más perpendicularmente.

En el interior de los puertos o canales, los barcos de recreo evitarán interferir las maniobras de los buques mercantes y no rebasarán la velocidad establecida por la capitánía marítima para ese recinto.

- **Fondear** es sujetar el ancla al fondo para que la embarcación no se mueva. Convendrá fondear en un lugar abrigado de los vientos (al "socaire"). Además, para elegir fondeadero se tendrá también en cuenta la maniobra de salida, así como el tipo de fondo (tenedero). Los mejores fondos suelen ser los de arena fina y compacta, y le siguen los de arcilla, fango compacto o arena fangosa. Los peores son los de material duro y los de piedra; en éste último caso el ancla no agarra.
- **El borneo** es el giro del barco cuando se encuentra fondeado, por la acción del viento al rolar (cambiar de dirección), de forma la posición del ancla. Cuando está fondeado el barco tiende a dirigir su proa hacia el viento; pero, debido a los cambios momentáneos de dirección, se produce una especie de campaneo o giro de la proa. Si el viento persistiese en una única dirección no habría borneo. Habrá que tener en cuenta el radio del círculo de borneo para no abordar con otras embarcaciones cercanas. A veces este círculo es considerable debido a que conviene filar cadena (arriar o largar cadena en la operación de fondear) en una longitud de 3 a 4 veces la eslora del barco con buen tiempo, y en caso de mal tiempo, cinco o más veces la eslora del barco, con lo que la longitud de cadena en el agua puede llegar a ser considerable.
- **El garreo** es el desplazamiento del ancla sobre el fondo del mar, generalmente porque no ha agarrado bien. Es frecuente que se produzca con mal tiempo y por ello se ha de controlar la situación, pues el barco se puede ir contra las rocas, contra otros barcos, etc., provocándose un abordaje. Para evitar el garreo del ancla hay que filar más cadena, o repetir toda la operación de fondeo, es decir, llevar el ancla, replantearse el fondeadero, y volver a fondear.

Para ser conscientes de si estamos o no garreando (la velocidad de desplazamiento del barco es pequeña y a veces con tiempos muy fuertes es difícil darse cuenta), tenemos que tomar referencias de tierra, que nos orienten nuestra posición y saber si nos hemos movido del lugar inicial de fondeo. Se puede recurrir a alguna enfilación, que es el método más sencillo para comprobar el movimiento del barco.

- **Maniobra de fondeo con un ancla:** se la deja caer al fondo con su amarra correspondiente (cadena o cabo), después de haber contenido la arranada del barco.
 - * Con buen tiempo. A barco parado se largara tanta cadena como sonda tengamos, multiplicada por 3
 - * Con mal tiempo. A barco parado se largara tanta cadena como sonda tengamos, multiplicada por 5 o 6
- **Levar.-** La operación de levar consiste en levantar el ancla del fondo y es lo mismo que zarpar.
- **Navegación con mala visibilidad.-** En tiempo de niebla la navegación es muy delicada y peligrosa a pesar de poder obtener la situación continuamente con el GPS y disponer de ayudas como el. Pero muchas embarcaciones, especialmente pequeñas, no disponen de estos medios, por lo que es necesario adoptar algunas medidas que pasamos a detallar.
 - a) Reducir la velocidad para disminuir el riesgo de colisión.
 - b) Empezar a dar las señales fónicas reglamentarias.
 - c) Consultar Derroteros y libros de faros.
 - d) Poner en funcionamiento todos los instrumentos de radionavegación que dispongamos, especialmente la sonda.
 - e) Adoptar cualquier otra medida de seguridad.

El Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes en la Mar, nos obliga a llevar una “velocidad de seguridad” cuando navegamos en condiciones duras, como la niebla, que ponen en peligro nuestra seguridad.

Otro tipo de precauciones serán las que tomemos a bordo con respecto a los tripulantes, como usar chalecos salvavidas, líneas de seguridad, etc.

Planificación de una salida

Autonomía en función del consumo.

Antes de salir a la mar debemos comprobar el combustible que tenemos y saber el consumo horario del motor. Llevar un depósito de combustible de reserva de unos 20 litros y llevar una lata de aceite de reserva.

Programar la duración del viaje dividiendo la cantidad de combustible que se tiene por el consumo horario, dejando una reserva de 1 hora de navegación sin contar el contenido del depósito de reserva.

Previsión meteorológica.

Antes de salir a la mar hay que enterarse del estado del tiempo por medio de los servicios meteorológicos que dan la dirección e intensidad del viento, estado de la mar y visibilidad.

Los Clubes Náuticos suelen ofrecer información diaria, también TVE y la prensa. Caso de que el tiempo no sea favorable, abstenerse de salir.

CONVENIO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LOS ABORDAJES

Regla 3: definiciones

A los efectos de este Reglamento, excepto cuando se indique lo contrario:

- a. La palabra "buque" designa toda clase de embarcaciones, incluidas las embarcaciones sin desplazamiento, las naves de vuelo rasante y los hidroaviones, utilizadas o que puedan ser utilizadas como medio de transporte sobre el agua.
- b. La expresión "buque de propulsión mecánica" significa todo buque movido por una máquina.
- c. La expresión "buque de vela" significa todo buque navegando a vela siempre que su maquinaria propulsora, caso de llevarla, no se esté utilizando.
- d. La expresión "buque dedicado a la pesca" significa todo buque que esté pescando con redes, líneas, aparejos de arrastre u otros artes de pesca que restrinjan su maniobrabilidad; esta expresión no incluye a los buques que pesquen con curricán u otro arte de pesca que no restrinja su maniobrabilidad.
- e. La palabra "hidroavión" designa a toda aeronave proyectada para maniobrar sobre las aguas.
- f. La expresión "buque sin gobierno" significa todo buque que por cualquier circunstancia excepcional es incapaz de maniobrar en la forma exigida por este Reglamento y, por consiguiente, no puede apartarse de la derrota de otro buque.
- g. La expresión "buque con capacidad de maniobra restringida" significa todo buque que, debido a la naturaleza de su trabajo, tiene reducida su capacidad para maniobrar en la forma exigida por este Reglamento y, por consiguiente, no pueda apartarse de la derrota de otro buque.

La expresión "Buques con capacidad de maniobra restringida", incluirá, pero no se limitará a:

- i) buques dedicados a colocar, reparar o recoger marcas de navegación, cables o conductos submarinos.
- ii) buques dedicados a dragados, trabajos hidrográficos, oceanográficos u operaciones submarinas.
- iii) buques en navegación que están haciendo combustible o transportando carga, provisiones o personas.
- iv) buques dedicados al lanzamiento o recuperación de aeronaves;
- v) buques dedicados a operaciones de limpieza de minas.
- vi) buques dedicados a operaciones de remolque que por su naturaleza restrinjan fuertemente al buque remolcador y su remolque en su capacidad para apartarse de su derrota.

- h.** La expresión "buque restringido por su calado" significa un buque de propulsión mecánica que, por razón de su calado en relación con la profundidad y la anchura disponible del agua navegable, tiene una capacidad muy restringida de apartarse de la derrota que está siguiendo.
 - i.** La expresión "en navegación" se aplica a un buque que no esté ni fondeado ni amarrado a tierra, ni varado.
 - j.** Por "eslora y manga" se entenderá la eslora total y la manga máxima del buque.
 - k.** Se entenderá que los buques están a la vista uno del otro únicamente cuando uno pueda ser observado visualmente desde el otro.
 - l.** La expresión "visibilidad reducida" significa toda condición en que la visibilidad está disminuida por niebla, bruma, nieve, fuertes aguaceros, tormentas de arena o cualesquiera otras causas análogas.
 - m.** La expresión "nave de vuelo rasante" designa una nave multimodal que, en su modalidad de funcionamiento principal, vuela muy cerca de la superficie aprovechando la acción del efecto de superficie.

Regla 5: vigilancia

Todos los buques mantendrán en todo momento una eficaz vigilancia visual y auditiva, utilizando asimismo todos los medios disponibles que sean apropiados a las circunstancias y condiciones del momento, para evaluar plenamente la situación y el riesgo de abordaje.

Regla 6: velocidad de seguridad

Todo buque navegará en todo momento a una velocidad de seguridad tal que le permita ejecutar la maniobra adecuada y eficaz para evitar el abordaje y pararse a la distancia que sea apropiada a las circunstancias y condiciones del momento.

Para determinar la velocidad de seguridad se tendrán en cuenta entre otros, los siguientes factores:

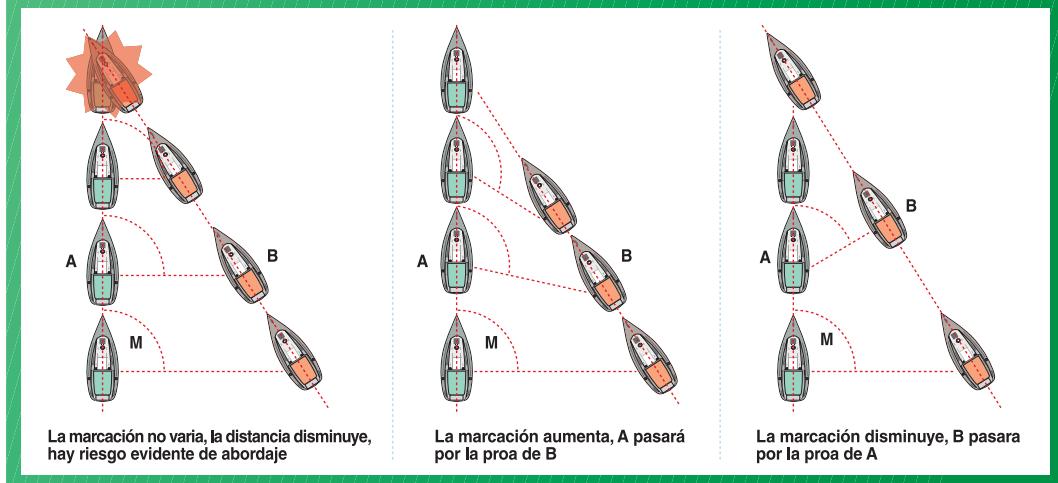
- a. En todos los buques:
 - i) El estado de visibilidad.
 - ii) La densidad de tráfico, incluidas las concentraciones de buques de pesca o de cualquier otra clase.
 - iii) La maniobrabilidad del buque teniendo muy en cuenta la distancia de parada y la capacidad de giro en las condiciones del momento.
 - iv) De noche, la existencia de resplandor; por ejemplo, el producido por luces de tierra o por el reflejo de las luces propias.
 - v) El estado del viento, mar y corriente, y la proximidad de peligros para la navegación.
 - vi) El calado en relación con la profundidad disponible de agua.

- b. Además, en los buques con radar funcionando constantemente:
- Las características, eficacia y limitaciones del equipo de radar.
 - Toda restricción impuesta por la escala que esté siendo utilizada en el radar.
 - El efecto en la detección por radar del estado de la mar y del tiempo, así como de otras fuentes de interferencia.
 - La posibilidad de no detectar en el radar, a distancia adecuada, buques pequeños, hielos y otros objetos flotantes.
 - El número, situación y movimiento de los buques detectados por radar.
 - La evaluación más exacta de la visibilidad que se hace posible cuando se utiliza el radar para determinar la distancia a que se hallan los buques u otros objetos próximos.

Regla 7: riesgo de abordaje

- a. Cada buque hará uso de todos los medios de que disponga a bordo y que sean apropiados a las circunstancias y condiciones del momento, para determinar si existe riesgo de abordaje. En caso de abrigarse alguna duda, se considerará que el riesgo existe.
- b. Si se dispone de equipo radar y funciona correctamente, se utilizará en forma adecuada, incluyendo la exploración a gran distancia para tener pronto conocimiento del riesgo de abordaje, así como el punteo radar u otra forma análoga de observación sistemática de los objetos detectados.

Regla 7



- c. Se evitarán las suposiciones basadas en información insuficiente, especialmente la obtenida por radar.

- d. Para determinar si existe riesgo de abordaje se tendrán en cuenta, entre otras, las siguientes consideraciones:
- i) Se considerará que existe el riesgo, si la demora de un buque que se aproxima no varía en forma apreciable.
 - ii) En algunos casos, puede existir riesgo aún cuando sea evidente una variación apreciable de la demora, en particular al aproximarse a un buque de gran tamaño o a un remolque o a cualquier buque a muy corta distancia.

Regla 8: maniobras para evitar el abordaje

- a. Toda maniobra que se efectúe para evitar un abordaje será llevada a cabo de conformidad con lo dispuesto en las reglas de la presente parte y, si las circunstancias del caso lo permiten, se efectuará en forma clara, con la debida antelación y respetando las buenas prácticas marineras.
- b. Si las circunstancias del caso lo permiten, los cambios de rumbo y/o velocidad que se efectúen para evitar un abordaje serán lo suficientemente amplios para ser fácilmente percibidos por otro buque que los observe visualmente o por medio de radar. Deberá evitarse una sucesión de pequeños cambios de rumbo y/o velocidad.
- c. Si hay espacio suficiente, la maniobra de cambiar solamente de rumbo puede ser la más eficaz para evitar una situación de aproximación excesiva, a condición de que se haga con bastante antelación, sea considerable y no produzca una nueva situación de aproximación excesiva.
- d. La maniobra que se efectúe para evitar un abordaje será tal que el buque pase a una distancia segura del otro. La eficacia de la maniobra se deberá ir comprobando hasta el momento en que el otro buque esté pasado y en franquía.
- e. Si es necesario con objeto de evitar el abordaje o de disponer de más tiempo para estudiar la situación, el buque reducirá su velocidad o suprimirá toda su arrancada parando o invirtiendo sus medios de propulsión.

Además:

- i) Los buques que en virtud de cualquiera de las presentes reglas estén obligados a no estorbar el tránsito o tránsito seguro de otro buque maniobrarán prontamente, cuando así lo exijan las circunstancias, a fin de dejar espacio suficiente para permitir el tránsito seguro del otro buque.
- ii) Los buques que estén obligados a no estorbar el tránsito o tránsito seguro de otro buque no quedarán exentos de dicha obligación cuando se approximen al otro buque con riesgo de que se produzca un abordaje y, al efectuar las maniobras, respetarán rigurosamente lo dispuesto en las reglas de la presente Parte.
- iii) Cuando los dos buques que se approximen el uno al otro con riesgo

de que se produzca un abordaje, el buque cuyo tránsito no deba ser estorbado seguirá estando plenamente obligado a cumplir con lo dispuesto en las reglas de la presente Parte.

Regla 9: canales angostos

- a. Los buques que naveguen a lo largo de un paso o canal angosto se mantendrán lo más cerca posible del límite exterior del paso o canal que quede por su costado de estribor, siempre que puedan hacerlo sin que ello entrañe peligro.
- b. Los buques de eslora inferior a 20 metros, o los buques de vela no estorbarán el tránsito de un buque que sólo pueda navegar con seguridad dentro de un paso o canal angosto.
- c. Los buques dedicados a la pesca no estorbarán el tránsito de ningún otro buque que navegue dentro de un paso o canal angosto.
- d. Los buques no deberán cruzar un paso o canal angosto si al hacerlo estorban el tránsito de otro buque que sólo pueda navegar con seguridad dentro de dicho paso o canal. Este otro buque podrá usar la señal acústica prescrita en la Regla 34 d) si abriga dudas sobre la intención del buque que cruza.
 - i) En un paso o canal angosto, cuando únicamente sea posible adelantar si el buque alcanzado maniobra para permitir el adelantamiento con seguridad, el buque que alcanza deberá indicar su intención haciendo sonar la señal adecuada prescrita en la Regla 34 c) i). El buque alcanzando dará su conformidad haciendo sonar la señal adecuada prescrita en la Regla 34 c) ii) y maniobrando para permitir el adelantamiento con seguridad. Si abriga dudas podrá usar la señal acústica prescrita en la Regla 34 d);
 - ii) Esta Regla no exime al buque que alcanza de sus obligaciones según la Regla 13.
- e. Los buques que se aproximen a un recodo o zona de un paso o canal angosto en donde, por estar obstaculizada la visión, no puedan verse otros buques, navegarán alerta y con precaución, haciendo sonar la señal adecuada prescrita en la Regla 34 e).
- f. Siempre que las circunstancias lo permitan, los buques evitarán fondear en un canal angosto.

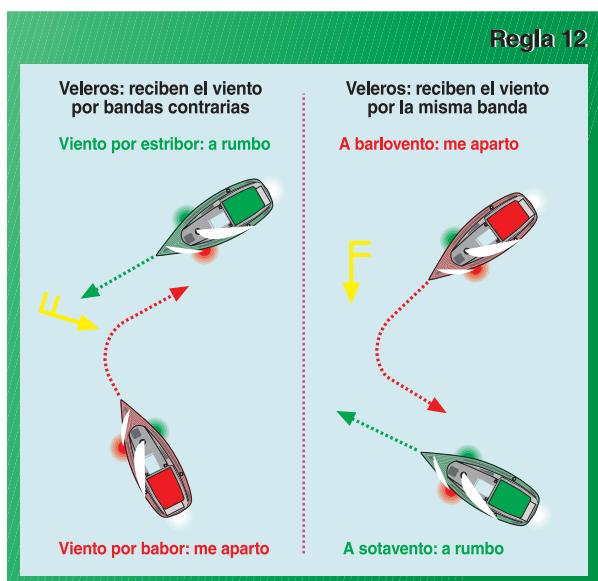
Regla 12: derecho de paso entre embarcaciones a vela

- a. Cuando dos buques de vela se aproximen uno al otro, con riesgo de abordaje, uno de ellos se mantendrá apartado de la derrota del otro en la forma siguiente:
 - i) Cuando cada uno de ellos reciba el viento por bandas contrarias, el que lo reciba por babor se mantendrá apartado de la derrota del otro.

- ii) Cuando ambos reciban el viento por la misma banda, el buque que esté a barlovento se mantendrá apartado de la derrota del que esté a sotavento.
- iii) Si un buque que recibe el viento por babor avista a otro buque por barlovento y no puede determinar con certeza si el otro buque recibe el viento por babor o estribor, se mantendrá apartado de la derrota del otro.
- b. A los fines de la presente Regla, se considerará banda de barlovento la contraria a la que se lleve cazada la vela mayor, o en el caso de los buques de aparejo cruzado, la banda contraria a la que se lleve cazada la mayor de las velas de cuchillo.

Regla 13: situación de alcance

- a. No obstante lo dispuesto en las Reglas de la Parte B, Secciones I y II, todo buque que alcance a otro se mantendrá apartado de la derrota del buque alcanzado.
- b. Se considerará como buque que alcanza a todo buque que se aproxime a otro viendo desde una marcación mayor de 22,5 grados a popa del través de este último, es decir, que se encuentre en una posición tal respecto del buque alcanzado que de noche solamente le sea posible ver la luz de alcance de dicho buque y ninguna de sus luces de costado.



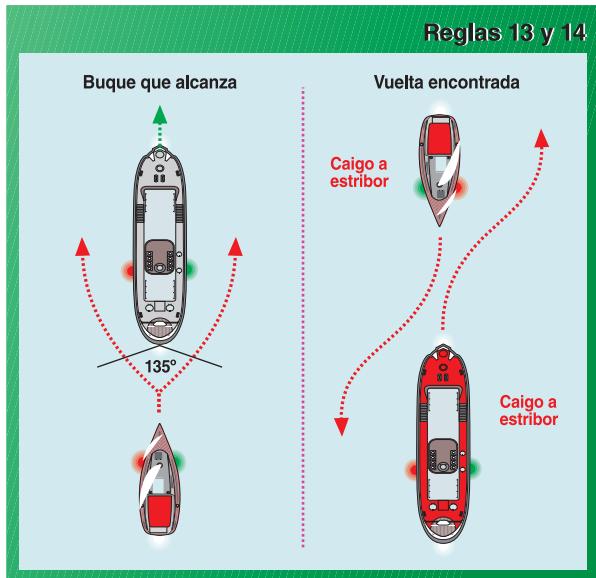
- c. Cuando un buque abrigue dudas de si está alcanzando o no a otro, considerará que lo está haciendo y actuará como buque que alcanza.
- d. Ninguna variación posterior de la marcación entre los dos buques hará del buque que alcanza un buque que cruza, en el sentido que se da en este Reglamento, ni le dispensará de su obligación de mantenerse apartado del buque alcanzado, hasta que lo haya adelantado completamente y se encuentre en franquía.

Regla 14: situación de vuelta encontrada

- a. Cuando dos buques de propulsión mecánica naveguen de vuelta encontrada a rumbos opuestos o casi opuestos, con riesgo de abordaje,

cada uno de ellos caerá a estribor de forma que pase por la banda de babor del otro.

- b. Se considerará que tal situación existe cuando un buque vea a otro por su proa, o casi por su proa, de forma que de noche vería las luces de tope de ambos palos del otro enfiladas o casi enfiladas y/o las dos luces de costado, y de día observaría al otro buque bajo el ángulo de apariencia correspondiente.
- c. Cuando un buque abrigue dudas de si existe tal situación, supondrá que existe y actuará en consecuencia.



Regla 15: situación de cruce

Cuando dos buques de propulsión mecánica se crucen con riesgo de abordaje, el buque que tenga al otro por su costado de estribor se mantendrá apartado de la derrota de este otro y, si las circunstancias lo permiten, evitará cortarle la proa.

Regla 16: maniobra del buque que cede el paso

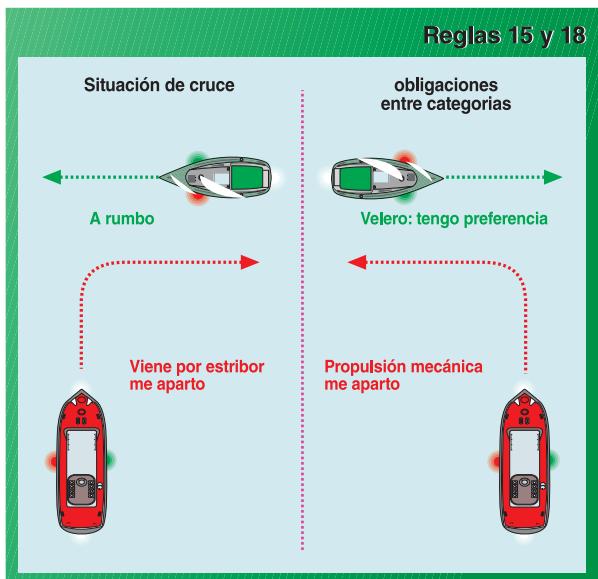
Todo buque que esté obligado a mantenerse apartado de la derrota de otro buque maniobrará, en lo posible, con anticipación suficiente y de forma decidida para quedar bien franco del otro buque.

Regla 17: maniobra de quién sigue a rumbo

- a. Cuando uno de dos buques deba mantenerse apartado de la derrota del otro, este último mantendrá su rumbo y velocidad.

No obstante, este otro buque puede actuar para evitar el abordaje con su propia maniobra, tan pronto como le resulte evidente que el buque que debería apartarse no está actuando en la forma preceptuada por este Reglamento.

- b. Cuando, por cualquier causa, el buque que haya de mantener su rumbo y velocidad se encuentre tan próximo al otro que no pueda evitarse el abordaje por la sola maniobra del buque que cede el paso, el primero ejecutará la maniobra que mejor pueda ayudar a evitar el abordaje.



- c. Un buque de propulsión mecánica que maniobre en una situación de cruce, de acuerdo con el párrafo a) ii), de esta Regla, para evitar el abordaje con otro buque de propulsión mecánica, no cambiará su rumbo a babor para maniobrar a un buque que se encuentre por esa misma banda si las circunstancias del caso lo permiten.
- d. La presente Regla no exime al buque que cede el paso de su obligación de mantenerse apartado de la derrota del otro.

Regla 18: obligaciones entre categorías de buques

Sin perjuicio de lo dispuesto en las Reglas 9, 10 y 13,

- a. Los buques de propulsión mecánica, en navegación, se mantendrán apartados de la derrota de:
 - i) Un buque sin gobierno.
 - ii) Un buque con capacidad de maniobra restringida.
 - iii) Un buque dedicado a la pesca.
 - iv) Un buque de vela.
- b. Los buques de vela en navegación, se mantendrán apartados de la derrota de:
 - i) Un buque sin gobierno.
 - ii) Un buque con capacidad de maniobra restringida.
 - iii) Un buque dedicado a la pesca.

Regla 19: conducta de las embarcaciones con visibilidad reducida

- a. Esta Regla es de aplicación a los buques que no estén a la vista uno de otro cuando naveguen cerca o dentro de una zona de visibilidad reducida.
- b. Todos los buques navegarán a una velocidad de seguridad adaptada a las circunstancias y condiciones de visibilidad reducida del momento. Los buques de propulsión mecánica tendrán sus máquinas listas para maniobrar inmediatamente.

c. Todos los buques tomarán en consideración las circunstancias y condiciones de visibilidad reducida del momento al cumplir las Reglas de la Sección I de esta Parte.

d. Todo buque que detecte únicamente por medio del radar la presencia de otro buque, determinará si se está creando una situación de aproximación excesiva y/o un riesgo de abordaje. En caso afirmativo maniobrará con suficiente antelación, teniendo en cuenta que si la maniobra consiste en un cambio de rumbo, en la medida de lo posible se evitará lo siguiente:

i) Un cambio de rumbo a babor para un buque situado a proa del través salvo que el otro buque esté siendo alcanzado.

ii) Un cambio de rumbo dirigido hacia un buque situado por el través o a popa del través.

e. Salvo en los casos en que se haya comprobado que no existe riesgo de abordaje, todo buque que oiga, al parecer a proa de su través, la sirena de niebla de otro buque, o que no pueda evitar una situación de aproximación excesiva con otro buque situado a proa de su través, deberá reducir su velocidad hasta la mínima de gobierno. Si fuera necesario, suprimirá su arrancada y en todo caso navegará con extrema precaución hasta que desaparezca el peligro de abordaje.

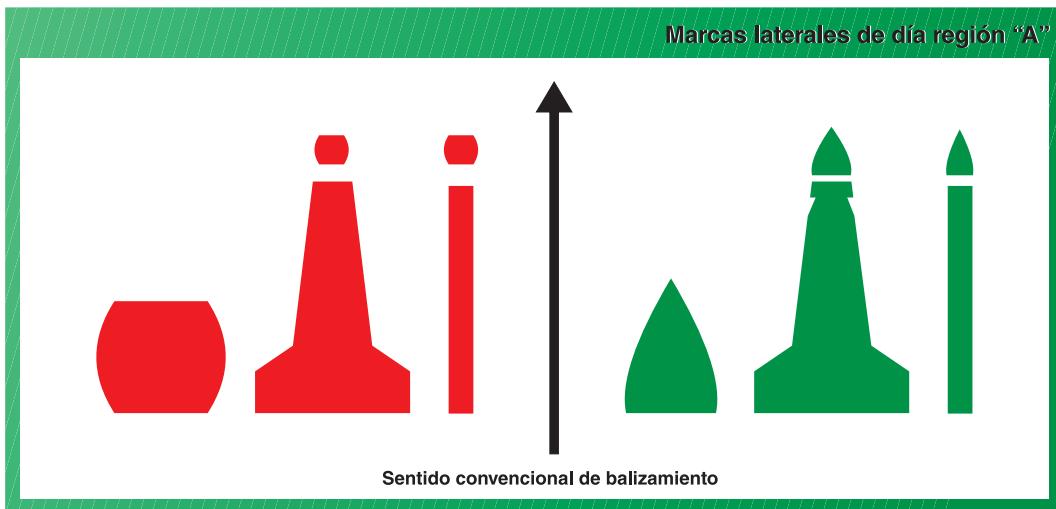


BALIZAMIENTO

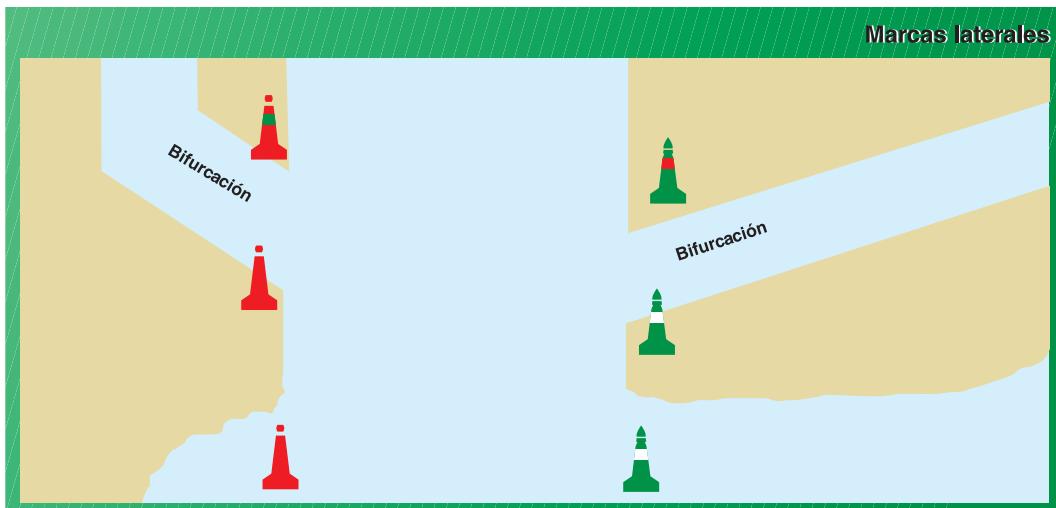
Marcas laterales de día, región «A»

Reglas generales para las marcas laterales.

1. **Formas.**- Cuando las marcas laterales puedan ofrecer dificultad en su identificación por su forma como boyas cilíndricas o cónicas, deberán estar provistas, siempre que sea posible, de la marca de tope adecuada.



2. Ordenación numérica o alfabética.- Si las marcas de los márgenes del canal están ordenadas mediante números o letras, la sucesión numérica o alfabética seguirá el “sentido convencional del balizamiento”.



Marcas de babor.

Color: Rojo.

Forma (boyas): Cilíndrica, de castillete o de espeque.

Marca de tope (sí tiene): Un cilindro rojo.

Luz (sí tiene): Color: Rojo.

Marcas de estribor.

Color: Verde.

Forma (boyas): Cónica, de castillete o de espeque.

Marca de tope (sí tiene): Un cono verde con el vértice hacia arriba.

Luz (sí tiene): Color: Verde

En el punto de bifurcación de un canal, siguiendo el sentido convencional de balizamiento, se puede indicar el canal principal mediante la marca lateral de babor o estribor modificada.

Marca de peligro aislado

Significado, forma, tope y color.

Una marca de peligro aislado es una marca colocada o fondeada sobre un peligro a cuyo alrededor las aguas son navegables.

Descripción de las marcas de peligro aislado.

Marca de tope: Dos esferas negras superpuestas.

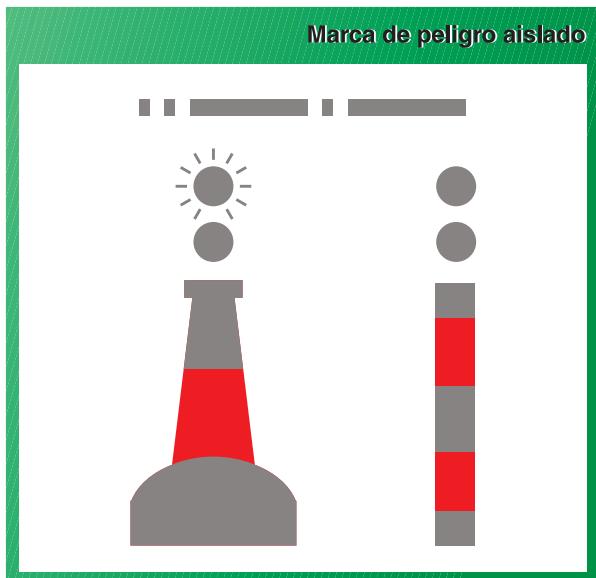
Color: Negro con una o varias anchas bandas horizontales rojas.

Luz (si tiene): Color: Blanco

Ritmo: Grupo de dos destellos

Forma: A elegir, pero sin que pueda prestarse a confusión con las marcas laterales; son preferibles las formas de castillete o de espeque.

La marca de tope, formada por dos esferas superpuestas, es la característica diurna más importante de toda marca de peligro aislado; deberá utilizarse siempre que se pueda y será del mayor tamaño posible, con una clara separación entre las dos esferas.



Señales sonoras entre buques a la vista

Señales de maniobra y advertencia.- Cuando varios buques estén a la vista uno de otros todo buque de propulsión mecánica en navegación deberá al maniobrar indicar la maniobra mediante las siguientes señales de pito:

- Una pitada corta: "caigo a estribor"
- Dos pitadas cortas: "caigo a babor"
- Tres pitadas cortas: "estoy dando atrás"

(De noche se complementarán realizando el mismo número de señales luminosas)

Un buque de propulsión mecánica en movimiento navegando con visibilidad reducida emitirá una pitada larga cada dos minutos.

Atribuciones de las Autorizaciones Federativas

La Autorización expedida por la Federación faculta para el gobierno de embarcaciones de recreo de hasta 6 metros de eslora y una potencia máxima de motor de 40 Kw., en navegaciones con luz diurna, en áreas delimitadas por la Capitanía Marítima, no superiores a las atribuciones correspondientes al título de patrón para Navegación Básica (no alejarse más de 4 millas en cualquier dirección, de un abrigo o playa accesible).

Zonas prohibidas o con limitaciones a la navegación

En los Parques Nacionales Marítimos para poder navegar, fondear o bucear es necesario tener una autorización de ICONA.

Distancia mínima de navegación

200 metros de la costa cuando el litoral es playa.

50 metros de la costa para el resto del litoral.

Playas

Los canales de entrada y salida de las playas deberán estar balizados con boyardines a ambos lados de los mismos y en dichos canales está prohibido el baño, el buceo y el uso de patines de pedales.

Cuando no haya canales de entrada y salida de las playas se entrará y saldrá lo más perpendicular posible a la playa con la velocidad menor de 3 nudos.

Limitaciones a la navegación establecidas en los reglamentos de policía de puertos

En los canales de acceso a los puertos se navegará por la mitad de Esterior del canal y no se interferirá la maniobra, en el interior de los puertos, de los buques mayores atendiendo a sus señales y maniobrando con precaución sin rebasar los 3 nudos.

El barco que sale tiene preferencia sobre el que entra, no se fondeará en la bocana del puerto.

Cuando sean puertos del estado se atracará en el lugar indicado por la Autoridad Portuaria.

Está prohibida la navegación a vela en el interior del puerto.

Está prohibido pescar dentro del puerto, echar basura y productos contaminantes, tanto en el muelle como al agua.

Está prohibido entrar o salir del puerto cuando haya sido cerrado por temporal.

MOTORES

Características de los motores fueraborda y dentroborda, interior y propulsión a turbina, en cuanto a su instalación

Existen varias clasificaciones de los motores, pero a nuestros efectos consideraremos los siguientes:

- Motores de combustión interna a presión constante (Diesel).
- Motores de combustión interna a volumen constante (Explosión).
- Motores de dos y cuatro tiempos.
- Motores dentro y fuera borda.

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

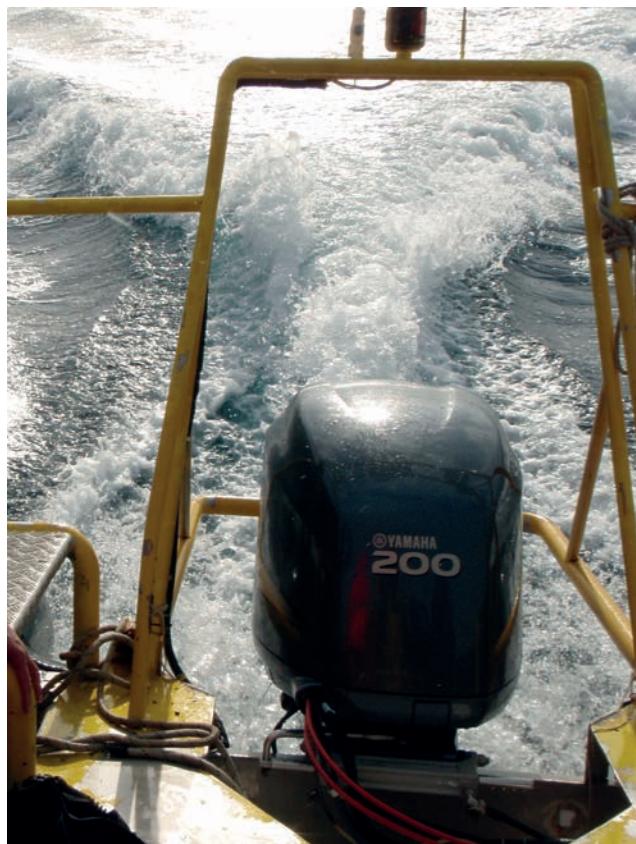
Motor de combustión interna es aquel que quema el combustible en el interior del cilindro. La combustión produce un aumento de presión y temperatura que desplaza el pistón en un movimiento alternativo que, por medio de la biela y el cigüeñal se transforma en un movimiento rotatorio, que propulsa la embarcación.

MOTOR FUERA BORDA

Se denomina así, al motor que no va situado en el interior de la embarcación, sino en el exterior de la popa, sujeto a la borda por medio de unas abrazaderas. Forma un conjunto compacto que incluye motor, transmisión y hélice, siendo la orientación del conjunto suficiente para gobernar la embarcación sin necesidad de timón.

MOTOR DENTRO / FUERA BORDA

Se trata de un equipo propulsor cuyo motor va situado en el interior de la embarcación, pero cuya transmisión sobresale por el espejo de popa. La parte final de la transmisión puede girar sobre su eje vertical, lo que permite gobernar la embarcación como si fuese un motor fuera borda.



Instrumentos de control y mandos de maniobra del motor

El cuadro de control de un motor es un panel donde van instalados los instrumentos de control del motor tales como:

1. Cuentarrevoluciones.
2. Manómetro de presión de aceite.
3. Termómetro temperatura agua refrigeración.
4. Alarma agua de refrigeración.
5. Luz testigo carga batería.
6. Luz testigo temperatura agua refrigeración.
7. Luz testigo de Aceite.
8. Llave de contacto.
9. Pulsador de paro.

Funcionamiento general

Diferencias esenciales entre motores diesel y de explosión. Las diferencias esenciales son el distinto combustible empleado (gas-oil y gasolina). Los motores diesel funcionan a presión constante y los de explosión a volumen constante y en los de diesel se produce combustión del combustible y en los de gasolina explosión.

CARBURACIÓN

Los carburadores tienen por misión dosificar el combustible y pulverizarlo para que se mezcle íntimamente con el aire, de forma que se establezca una relación que cumpla con las condiciones de funcionamiento del motor.

ENCENDIDO

En los motores diesel se alcanza la temperatura necesaria para el encendido mediante compresión, en los motores de explosión ello se consigue mediante introducción de una chispa eléctrica producida por la bujía en la cámara de compresión. Los sistemas de encendido son: por batería y delco, por magneto y electrónico.

INYECCIÓN

En los motores diesel, la introducción del combustible se logra mediante el inyector o válvula de inyección. El volumen de combustible impulsado por la bomba provoca un aumento de presión que fuerza la apertura de la válvula hasta haber penetrado en el cilindro.

REFRIGERACIÓN

- a. Por aire: Constituyendo los cilindros con aletas exteriores que aumentan la superficie de refrigeración. Este sistema sólo es válido para motores pequeños.

- b.** Por agua en circuito abierto: El agua se toma del mar y circula impulsada por una bomba por las camisas de refrigeración de las culatas, por el enfriador del aceite, etc. y después evaca al exterior.
- c.** Por agua en circuito cerrado: En este caso el agua ha de ser dulce, circula por los mismos lugares y se enfría mediante agua de mar a su paso por un cambiador de calor.

En los motores fuera borda la refrigeración es de tipo directo por agua de mar mediante la correspondiente bomba. El tubo de evacuación está por debajo de la línea de flotación.

LUBRICACIÓN

Tiene por objeto impedir que por efecto de las elevadas temperaturas del motor los distintos cuerpos metálicos tiendan a soldarse. Se realiza con Aceite.

Los sistemas más usuales son: Por Barboteo, a presión y por mezcla de aceite con el combustible.

Precauciones para la puesta en marcha

- Comprobar el nivel del agua de la batería.
- Comprobar que el motor está desembragado.
- Comprobar que la llave de paso está abierta.
- Comprobar que no existe ningún impedimento para el funcionamiento de la hélice.
- Verificar niveles de combustible y aceite en depósito y cárter.
- Revisar filtros de aceite y combustible.
- Abrir válvula de entrada y salida de agua y de la refrigeración.
- Abrir válvula de depósito de combustible.
- Poner en marcha el sistema de ventilación de la cámara del motor, si lo hay.
- Accionar el dispositivo de arranque.

Precauciones durante la conducción

- No alcanzar el régimen normal de marcha hasta que el motor haya alcanzado su temperatura normal.
- Comprobar la presión de circulación de aceite y agua y sus temperaturas.
- Observar que el escape de los gases de combustión sea prácticamente incoloro.
- Si se observan anomalías, disminuir el régimen del motor. Si el problema fuera una temperatura excesiva, forzar la refrigeración. Si la anomalía no desaparece debe procederse a parar el motor.

- Para poner marcha atrás hay que disminuir previamente la velocidad y desembragar el motor.
- Antes de parar el motor debe quedarse funcionando al relentí durante unos instantes para que se enfríe lentamente, después se cerrarán las válvulas de combustible y agua y se cerrará el interruptor de encendido. Si hace mucho frío se vaciará el circuito para evitar la congelación del agua.
- Hacer funcionar el motor al relentí aspirando agua dulce para eliminar los depósitos de agua salada.

COMUNICACIONES

Vamos a recordar como se transmite desde la estación de un barco utilizando una emisora de VHF (conjunto de frecuencias comprendidas entre 30 y 300 Mhz de uso habitual en embarcaciones de recreo con un alcance de entre 10 y 25 millas entre barcos y entre 25 y 45 millas entre barcos y estaciones terrestres. Se emite con las potencias de 1 y 25 w).

Se utiliza un canal simplex donde emisor y receptor hablan y escuchan alternativamente.

Disciplina en el empleo de la radiotelefonía

1. Se prohíbe a todas las estaciones:
 - Las transmisiones inútiles.
 - Las transmisiones sin identificación o identificación falsa.
 - Las transmisiones al éter que no vallan dirigidas a una estación.
 - Las transmisiones dentro de puerto y radas en el margen de frecuencias de 1.670 KHz a 2.850 KHz, salvo en los casos de socorro, urgencia y seguridad.
 - Transmisiones sin distintivo e identificación (nombre de la estación, ubicación de la misma, matrícula, etc.).
 - Transmitir durante períodos de silencio en radiotelefonía (los 3 minutos después de las horas en punto y los 3 minutos después de las medias horas no se realizarán trasmisiones)
2. El servicio de una estación móvil depende de la autoridad de la embarcación: Capitán, Patrón, o persona responsable del barco.
3. Toda persona que conozca la existencia o contenido de un mensaje tienen la obligación de guardar y garantizar el secreto de esta comunicación.
4. Escucha en el canal 16: toda embarcación en navegación se mantendrá a la escucha en el canal 16 (156,80 Mhz) de V.H.F. y en el 2.182 KHz de Onda Media.

5. En las frecuencias 2.182 KHz y el canal 16 (156,80 Mhz) las llamadas no deben superar un minuto de duración.

Procedimiento de enlace

Canal de llamada y de trabajo: La frecuencia de llamada es 2.182 KHz o el canal 16 (156,80 Mhz). El canal de trabajo es cualquiera que no esté asignado para un uso específico.

Con los Clubs náuticos: el canal de llamada y trabajo es el 9 de V.H.F.



Procedimiento general

1. Llamada (en el canal de llamada) Ejemplo de la embarcación "Maradentro" al dentro de buceo "Marazul"

Marazul, Marazul, Marazul

"Aquí" (o DELTA ECHO si hay problemas de idioma) Maradentro (hasta 3 veces)

Se puede repetir 3 veces con intervalos de 2 minutos y se suspenderá la llamada. Si aun así no hay respuesta se puede repetir con intervalos de 3 minutos.

2. Recepción (en el canal de llamada)

Maradentro (una vez)

"Aquí" (o DELTA ECHO si hay problemas de idioma) Marazul (máximo dos veces)

Se establece el canal de trabajo por quien dirige el tráfico o se posterga la conversación (en el canal de llamada) Espere ... minutos (o ALFA SIERRA si hay problemas de idioma).

3. Conversación (en el canal de trabajo).

Se realiza en el canal de trabajo

Se comunicará de forma alternativa cada una de las estaciones, terminando con "Cambio y corto" (o ROMEO, o KILO si hay problemas de idioma).

El identificador de las estaciones, en caso de usarse, sólo se hará una vez.

Se indicará con la palabra "Terminado" (o VICTOR ALFA si hay problemas de idioma).

Mensajes de socorro, urgencia y seguridad

Se realizan al Éter, es decir, a quien nos oiga.

Cuando haya dudas sobre la comprensión del idioma se utilizará el alfabeto fonético.

Sólo se pueden realizar con la autorización del Patrón.

Una vez terminado el peligro hay que comunicar este hecho.

Estas comunicaciones tienen preferencia sobre cualquier otra.

Mensaje de socorro:

Causa: el barco y/o su tripulación se encuentran en peligro grave o inminente y se solicita auxilio inmediato.

Prioridad: tiene prioridad sobre cualquier otro tipo de llamada.

Llamada

MAYDAY MAYDAY MAYDAY (pronunciado medé).

La palabra "Aquí" (o DELTA ECHO si hay problemas de idioma) y distintivo de llamada de identificación de la estación que llama (3 veces).

Mensaje

Lento y claro: Indicaciones relativas a la situación (en grados, minutos y segundos de Latitud y Longitud o en referencia a puntos característicos de la costa y fácilmente identificables). Naturaleza del peligro y tipo de auxilio solicitado. Cualquier otra información que pueda facilitar el socorro en la emergencia.

Acuse de recibo

Identificación de la estación en peligro.

La palabra "Aquí" (o DELTA ECHO si hay problemas de idioma) y distintivo de llamada de identificación de la estación que responde.

Recibido (o ROMEO) MAYDAY 3 veces.

Terminación

Atención todas las estaciones (o CHARLIE QUEBEC si hay problemas de idioma) repetido 3 veces.

Aquí (o CHARLIE QUEBEC si hay problemas de idioma) y la identificación de la estación que transmite.

Hora de depósito del mensaje.

Nombre y distintivo del barco en peligro.

SILENCE FINI.

Mensaje de urgencia:

Causa: se va a trasmisir un mensaje urgente relativo a la seguridad del barco y/o su tripulación.

Prioridad: tiene prioridad sobre cualquier otro tipo de llamada, excepto las de socorro.

Llamada:

PAN PAN PAN

Mensaje de seguridad:

Causa: se va a trasmisir un mensaje importante para la seguridad de la navegación.

Prioridad: tiene prioridad sobre cualquier otro tipo de llamada, excepto las de urgencia y socorro.

Llamada:

SECURITE SECURITE SECURITE



Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima

900 202 202

Canal 16 VHF

2.182 KHz Onda Media

Fruela, 3

28011 Madrid (España)

CIF: Q-2867021-D

Tel: +34 91 755 91 00

Fax: +34 91 755 91 09

CUESTIONES - CAPÍTULO 6

1. Las tres dimensiones de un barco son:

2. ¿A qué llamamos calado de una embarcación?

3. La parte derecha de un barco vista desde su proa, se llama:

4. Se entiende por quilla:

5. Se entiende por cuadernas a:

6. Conocemos la obra muerta como la...

7. La parte baja del interior de una embarcación se llama:

8. Amarrar al costado de otra embarcación se llama:

9. ¿Qué es un bichero?

10. Las partes principales de un cabo son:

11. Un muerto es:

12. ¿Qué es un rezón?

13. Se comprueba que un ancla garrea con:

14. ¿Para que se utiliza el ancla flotante cuando estamos capeando?

15. Correr el temporal significa:

16. Cuando pase una embarcación grande que produzca gran oleaje deberemos...

17. Para sofocar un incendio de un equipo eléctrico usaremos:

18. ¿Qué material de seguridad debemos llevar a bordo?

19. ¿Cómo se disparan las bengalas?

20. El heliógrafo o espejo de señales se emplea para...

21. En un barco habrá chalecos salvavidas:

22. ¿A qué equivale una milla?

23. ¿A qué equivale un nudo?

24. Las piedras que velan...

25. La presión atmosférica media a nivel del mar es de:

26. La pieza que transforma el movimiento alternativo del pistón en movimiento circular, se llama:

27. Los ciclos de un motor de cuatro tiempos son:

28. Se sabe que un motor fueraborda refrigerá:

29. El escape de un motor fueraborda desahoga debajo del agua para:

30. En los canales angostos...

31. Cuando una embarcación alcanza a otra tiene preferencia...

32. ¿De qué color es la luz de costado de estribor de un barco?

33. ¿De qué color es la luz de costado de babor de un barco?

34. Los barcos navegando por un canal angosto lo harán:

35. Si vemos por la amura de estribor de nuestro barco de motor, la luz roja de otro barco:

36. ¿Qué haremos si por la proa vemos un barco devuelta encontrada?

37. Cuando los rumbos de dos buques se crucen con riesgo de colisión, maniobrará:

38. Entre una embarcación de vela y una de motor, cederá el paso:

39. En el canal de acceso al puerto si hay buques mercantes...

40. Los agujeros practicados para dar salida al agua de la cubierta se denominan...

41. Está prohibido fondear a cualquier tipo de buque en...

42. Una pitada corta significa:

43. Dos pitadas cortas significan:

44. Tres pitadas cortas significan:

45. Con visibilidad reducida oímos un sonido largo cada dos minutos.

46. El resguardo mínimo que se debe dar a una embarcación que indica buzo sumergido es de:

47. Los colores de las marcas de peligro aislado son:

48. Los colores de una boyas de peligro aislado son:

49. Las boyas para el balizamiento de playas son:

50. A menos de 200 m de las playas y a menos de 50 m de la costa navegaremos:

El equipo de colaboradores



Rafael Graullera Sanz
Instructor Nacional 3E FEDAS/CMAS.

Lleva buceando desde el año 1957 y enseñando a bucear desde 1973. Ha sido uno de los pioneros en la arqueología submarina en España como se le ha reconocido con el premio que le otorgó la Real Academia Española de Capitanes de Yate y de Actividades Subacuáticas. Ha sido Director de la Escuela de la Federación Valenciana de Actividades Subacuáticas, vocal de su Junta Directiva y Presidente del Club GISED.



Antonio Badia Iniesta
Ingeniero Industrial y buceador FEDAS desde hace mas de 30 años.

Fue Director Técnico de la mítica firma española de material subacuático Nemrod donde lideró la oficina de I+D de la firma, desarrollando material subacuático diverso como el regulador Tornado que fue considerado como el mejor regulador de la época. Construyó la primera estación hiperbárica en España para la verificación de reguladores y obtención de gráficos de trabajo respiratorio a diferentes profundidades (WOB).



Vicente Damián de las Heras
Instructor Nacional 3E FEDAS/CMAS.

Lleva buceando desde el año 1979 y enseñando a bucear desde 1985. Fue miembro de la sección de espeleobuceo del Club de Espeleología de Estándar Eléctrica. Coordinador del área técnica de la revista Inmersión. Fotógrafo y cámara submarino.



Javier Vázquez Miguel
Instructor Nacional 3 Estrellas FEDAS/CMAS.
Técnico Deportivo en Buceo con Escafandra Autónoma.
Secretario Comité Técnico FEDAS.



Alfonso Pardo Juez
*Instructor Nacional 3E FEDAS/CMAS.
Buceador científico CMAS.
Doctor en Geología.*

Ha firmado más de cien artículos de divulgación en publicaciones científicas y en la prensa española. En el terreno de la imagen ha realizado más de veinte exposiciones como fotógrafo y dirigido varios documentales.



Carmen Sánchez
*Instructora Nacional 2E FEDAS/CMAS.
Bióloga.*

Técnica Deportiva de Buceo Deportivo con Escalofandra Autónoma. Se ha especializado en la divulgación de la biología submarina mediante conferencias y cursos entre los buceadores.



Juan Antonio M. Barco
Instructor Nacional 3E FEDAS/CMAS

Lleva buceando desde el año 1973 y enseñando desde 1979. Fotógrafo. Miembro fundador de la Sociedad Internacional de Fotografía Submarina, diseñador de sus cursos de formación y profesor de los mismos. Ha sido presidente de la Federación Madrileña de Actividades Subacuáticas y como deportista uno de los pioneros en la orientación subacuática.



Txema G. Olleta
*Instructor Nacional 3 Estrellas FEDAS/CMAS.
Físico.
Director de la ENBAD
Coordinador del proyecto "Nuevo curso de B3E".*

Lleva buceando desde el año 1982 y enseñando desde 1992.



Este manual está dirigido a aquellas personas que quieren completar de una forma considerable su formación en el buceo deportivo. Tanto para los que quieran utilizarlo como libro de consulta como para quienes reciben este libro como texto oficial del curso de Buceador 3E de la **Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS)**, el manual se convierte en una referencia imprescindible para introducirse en algunos temas de gran complejidad e interés en el buceo deportivo.

La obra ha sido realizada por la Escuela Nacional de Buceo Autónomo Deportivo (ENBAD) siguiendo los estándares de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS).