

# MANUAL DIVEMASTER



PROFESSIONAL DIVING ASSOCIATION

# PDA Divemaster Manual



## Publicado por:

Service Center PDA Argentina, Chile y Brasil

[www.pdascuba.com](http://www.pdascuba.com)

## Editor:

Alejandro Garcia Arias, PDA Course Director

# Temario

La <b>PDA</b> .....	3
Requisitos curso <b>Divemaster PDA</b> .....	6
Estandares <b>PDA</b> .....	7
Alcances de un <b>Divemaster PDA</b> .....	12
Visión en la Formación <b>Profesional</b> .....	18
Estadísticas de accidentes de <b>Buceo</b> .....	21
Stress en el <b>Buceo</b> .....	24
Equipamientos de <b>Buceo</b> .....	31
Fisiología de <b>Buceo</b> .....	81
Exámen Neurológico.....	144
Teoría de la <b>Descompresión</b> .....	159
Tabla <b>DRDC PDA</b> .....	183
Procedimientos Generales <b>PDA</b> .....	217
Guiando buceadores.....	251
Medio ambiente de Buceo.....	257
Bibliografía.....	272

## La PDA

La PDA - Professional Diving Association es una agencia fundada por Hendrick Dieckhoff en Alemania / Dielheim, en el año 1995 y con reconocimientos que avalan su prestigio y altos standards de sus programas.

Es miembro en Europa de una de las organizaciones de control de calidad más importantes a nivel internacional como la RSTC - Recreational Scuba Training Council, que nuclea a las agencias más reconocidas de buceo recreativo en los diferentes continentes, así como también es miembro de la EUF - European Underwater Federations, Membresía EUF CB 2006004, Organismo rector de las actividades subacuáticas Europeas y que tiene como miembros por ejemplo a la CMAS, la misma RSTC y DAN Europe. A través de la EUF, la PDA logro obtener el aval de sus programas de enseñanza con las las normas ISO - International Standarization Organization, agencia más importante en la creación y certificación de standards y procedimientos.

### **La PDA en Argentina:**

PDA llega a nuestro país en el año 2017 a través de Instructores que encontraron en la certificadora, una agencia con más de 20 años en el mercado, y con programas de enseñanza profesionalmente testeados. Sus miembros son profesionales dedicados, principalmente a la filosofía PDA, que une seguridad

con factor de calidad. Todos obedecen a un código de conducta y ética rígidamente, participando regularmente de programas de perfeccionamiento y son constantemente monitoreados, al fin de garantizar un alto nivel de calidad.

## **Propósitos y Objetivos de la PDA**

- 1- Promover, conducir y certificar entrenamiento de buceo libre y autónomo.
- 2- Promover, conducir y certificar entrenamiento de niveles profesionales de Divemaster, Asistente de Instructor, Instructor, Instructor Especialista y Entrenador de Instructores de Buceo.
- 3- Promover, conducir y certificar entrenamiento de Primeros Auxilios, RCP, uso de DEA y Suministro de Oxígeno para buceadores y para el público en general.
- 4- Realizar un seguimiento para controlar cumplimientos de estándares y mantener altos niveles de capacitación.
- 5- Incentivar a sus miembros a mantener valores de integridad y de conducta.
- 6- Dirigir acciones para lograr una mayor consciencia en el cuidado del medio ambiente.

## **Código de Conducta y Ética**

- 1- Apoyar y promover activamente la organización PDA y sus programas.

- 2- Mantener un nivel de habilidad adecuado para una performance segura y satisfactoria de las funciones del instructor
- 3- Prestar la mejor calidad de instrucción a todas las personas que cumplan los requisitos de la PDA y que estén matriculadas en ella, sin distinción de raza, sexo o credo.
- 4- Demostrar un alto patrón de conducta e integridad profesional con los fabricantes de equipos, con otras organizaciones de entrenamiento, y con el público en general.
- 5- Conducir todos los cursos de entrenamiento de buceo en conformidad con los patrones de la PDA, inclusive cursos dictados por otras organizaciones.
- 6- Emitir certificados apropiados solamente a personas que cumplan adecuadamente los requisitos de la PDA para el curso en que se hallan inscriptos.
- 7- Informar a la oficina central todas las violaciones de los patrones PDA que tome conocimiento.

**NOTA:** La PDA puede suspender o revocar la licencia de cualquiera de sus miembros por violación intencional de su código de ética. Los miembros cuya licencia haya sido suspendida no podrán participar en cursos PDA ni emitir certificados PDA a partir de la fecha de suspensión.

## ■ Requisitos para realizar el Curso de Divemaster PDA

Los requisitos para inscripción y certificación del curso de Divemaster son:

1- Estar titulado como Buzo de Rescate con las especialidades de buceo profundo, nocturno, orientación con compás y búsqueda y refltamiento.

El buzo deberá someterse a un chequeo médico específico para la actividad.

2- Tener certificación actualizada en Primeros Auxilios y Reanimación Cardiopulmonar.

3- Ingresar con un mínimo de 40 inmersiones y egresar con un mínimo de 75 inmersiones certificadas.

4- Tener conocimientos de mantenimiento de equipos y náutica.

5- Tener en todo momento la actitud correcta requerida para las diferentes situaciones, aún en estado de cansancio físico y mental.

# Estandares PDA

## 1- Alcance

Este estándar especifica las competencias mínimas relacionadas con la seguridad que deben ser logradas durante la formación en un curso de buceo recreativo de nivel Divemaster PDA.

Este estándar sólo es aplicable al entrenamiento y certificación contractual en buceo recreativo.

## 2- Definiciones

Para los propósitos de este estándar y cualquier otro estándar referenciado, definiciones siguientes son aplicables. Por favor tenga en cuenta que algunos de los términos mostrados a continuación pueden no aparecer en este estándar específico.

### 2.1 PDA:

Entidad que proporciona sistemas de formación y certificaciones de buceo recreativo.

### 2.2 Aguas Abiertas:

Cuerpo de agua significativamente más grande que una piscina que ofrece condiciones típicas de un cuerpo natural de agua encontrado en la región donde se realiza la formación.

## 2.3 Aguas Confinadas:

Piscina con una profundidad apropiada para la actividad, o cuerpo de agua que ofrece condiciones similares (profundidad máxima de 6 metros)

## 2.4 Agua Fría:

Aguas a menos de 10°C de su temperatura media más alta o aguas de 10°C o menos.

## 2.5 Certificación:

Confirmación que un estudiante ha completado todos los requisitos de un curso según este estándar, emitida por PDA.

## 2.6 Competencias:

Lo que un buceador puede hacer una vez certificado.

## 2.7 Conocimiento Teórico:

El conocimiento impartido en un ambiente seco (aula, exterior de la piscina, etc).

## 2.8 Cursos de buceo sin certificación:

Curso de buceo donde los participantes no reciben una certificación PDA al final del curso, como por ejemplo: Introducción al Buceo, Curso Refresco de Buceo, Clínica de Flotabilidad, etc.

## 2.9 Equipo básico:

Equipo que consiste en los artículos siguientes: Máscara, Aletas, Snorkel.

## 2.10 Equipo de buceo:

Equipo que consiste en los artículos siguientes:

Máscara, Aletas, Snorkel, Cilindro, Regulador, Sistema alternativo de gas respiratorio que podría ir desde un simple sistema pulpo a un sistema respiratorio doble con un suministro de gas respiratorio separado, Sistema de apoyo de la botella y dispositivo de control de flotación que incluye (si es apropiado) un sistema de lastre de descarga rápida, Medidor sumergible de presión (monitor de la presión del gas respiratorio), Medios para medir profundidad y tiempo y así limitar de forma segura la exposición al gas inerte, Traje de buceo (si es apropiado).

Nota: Ambientes específicos pueden requerir equipo adicional apropiado (ayuda de navegación subacuática, dispositivo para cortar).

## 2.11 Espacios confinados:

Condición aplicable cuando no hay acceso directo a superficie, tal como dentro de un pecio, una cueva, bajo hielo, etc.

## 2.12 Especialidad seca:

Curso de Especialidad donde no existe formación en agua, como por ejemplo, Primeros Auxilios, Administración de Oxígeno,

Especialista en Equipamientos, etc.

### **2.13 Gas respiratorio:**

Mezcla apropiada de oxígeno y nitrógeno.

### **2.14 Habilidades acuáticas:**

Conocimiento impartido dentro de un ambiente húmedo (agua de la piscina, agua del mar, etc)

### **2.15 Inmersión de formación en aguas abiertas:**

Experiencia de formación en aguas abiertas bajo la vigilancia directa de un instructor cualificado, incluyendo por lo menos, las actividades siguientes:

-Información - Preparación para bucear -Chequeo antes de la inmersión - Entrada al agua - Procedimientos de descenso - Actividad bajo el agua - Ascenso y procedimientos de salida - Salida del agua - Informe de la inmersión - Procedimientos después de la inmersión - Registro de la inmersión.

### **2.16 Instructor de Scuba o Buceo:**

Un individuo cualificado, sancionado por PDA para enseñar, evaluar y certificar buceadores.

### **2.17 Niveles de conocimiento:**

Básico: sabe como...Intermedio: sabe como y porque...Avanzado: sabe como, porque y además, sabe como

enseñarlo.

## **2.18 Requisitos previos de formación:**

Lo que un buceador necesita o las condiciones previas que debe cumplir para empezar el entrenamiento

## **2.19 Scuba:**

Siglas en Inglés de “Self-Contained Underwater Breathing Apparatus” (aparato autónomo de respiración subacuática).

## **2.20 Visibilidad reducida:**

Condición aplicable a bucear por la noche o cuando la visibilidad es de menos de un brazo, por cualquier razón.

# Alcances del Divemaster PDA

1- Asistir a buceadores certificados en nuevos entornos con los cuales el Divemaster PDA esté familiarizado

2- Un Divemaster PDA será entrenado para tener competencias suficientes a través de conocimientos, habilidades y experiencia para bucear y actuar como Guía de Inmersión de buceadores certificados en aguas abiertas, ayudar a un Instructor PDA, trabajandobajo la supervisión de dicho Instructor, en el entrenamiento de nuevos buceadores en los cursos de Junior Scuba Diver, Open Water Diver, Advanced Diver y Rescue Diver, ayudando en clases teóricas y prácticas, tanto en aula, aguas confinadas y/o abiertas y dar ciertos talleres de buceo sin certificación, como el módulo de snorkel y buceo libre en las aguas confinadas en el curso OPW y el RDS.

Los Divemaster podrán ser requeridos para aumentar la relación Instructor/Alumno a razón de:

a- Asistir a los instructores con su supervisión directa en las fases académicas, aguas confinadas y aguas abiertas, pudiendo aumentar en 2 alumnos por Divemaster en aguas confinadas y 1 alumno por Divemaster en aguas abiertas.

## Los Divemaster PDA bucearán dentro de los parámetros siguientes:

- 1- Bucear y guiar a buceadores hasta una profundidad máxima de 40 metros / 130 pies.
- 2- Bucear y asegurarse que otros sólo bucean cuando el apoyo apropiado está disponible en superficie.
- 3- Bucear y asegurarse que otros bucean bajo condiciones que son iguales o mejores que las condiciones donde ellos fueron entrenados.

Acompañado por un instructor, un Divemaster PDA certificado puede ganar experiencia progresiva más allá de estos parámetros (excepto profundidad) y desarrollar competencias manejando inmersiones con condiciones más desafiantes, diseñadas para obtener calificaciones más altas. Cuando se requiera instrucción o experiencia adicional, estas sólo pueden ser proporcionadas por un instructor PDA adecuadamente cualificado.

## Perfil del Divemaster PDA certificado:

Un Divemaster PDA es un buceador profesional que deberá tener capacidad, humildad, y liderazgo a partir de su dedicación, experiencia y fundamentalmente el material humano que posee. Deberá estar entrenado, porque eso lo hará sentirse seguro y poder transmitir tranquilidad a los que lo rodean, además de poseer entrenamiento para socorrer buceadores en situaciones

de emergencia, todo esto con el objetivo primordial que distintos buceadores, en lo que se refiere a personalidades, nivel, o país de origen, puedan ser contenidos, guiados y cuidados de la mejor manera posible, teniendo en cuenta las limitaciones individuales, personales y de estructura operativa.

## **Realización de los Briefings de Buceo y la función del Divemaster.**

Hay 10 puntos que deben incluirse en los Briefings, comenzando por una Ambientación, con una bienvenida al grupo de buzos, presentación con nombre y funciones del personal a cargo de la operación de buceo, e indicación de las instalaciones del barco y equipos de primeros auxilios.

Seguimos por el Nombre del Lugar de Buceo, ya que los buceadores se sentirán cómodos teniendo la mayor cantidad de datos y luego lo registrarán en sus Logbook, tal como el Divemaster se lo halla mencionado y mejor todavía si hay una historia alrededor de ese nombre. Luego vendrá la Descripción del Sitio, incluyendo tiempo de navegación, puntos de interés, profundidad, tipo de fondo, temperaturas y tipo de fauna y flora. Se puede llevar una pizarra blanca y realizar un breve esquema del lugar.

La Función que va a cumplir el Divemaster en la Operación de buceo también debe ser aclarada, tanto si va a guiar el grupo

debajo del agua, y que identificación va a llevar por ejemplo.

Técnicas de entradas y salidas, deben ser explicadas aunque creamos que el grupo es experimentado. Los Procedimientos de buceo incluyen los cross-check de equipamientos pre-buceo y revisión de señas entre buceadores y entre Divemaster y buceadores, rumbo a seguir, profundidad máxima, paradas profundas y de seguridad. Los Procedimientos de emergencia también deben ser recordados como en el caso de pérdida de compañero, poco aire o falta de aire, descomposturas, etc.

El control y listado de los integrantes del grupo es importante seleccionar las duplas, tratando de que buzos con mayor experiencia buceen con los que tienen un poco menos y verificar quién se quedó sin compañero.

El Divemaster deberá realizar todas las sugerencias con respecto al entorno que crea necesarias para preservar todo tipo de vida subacuática, organismos frágiles como corales, ni dar de comer a los peces matando erizos por ejemplo.

Por último el Divemaster deberá estar alerta a los problemas más comunes que pasan desapercibidos durante el control pre-inmersión, por ejemplo, desconexión de la manguera de baja presión al comando del chaleco, lastre inadecuado o insuficiente, o cualquier otra anomalía que pueda acarrear un problema durante el buceo

Es muy importante resaltar que el Divemaster deberá saber los niveles de certificación de los buceadores y en los casos de

operativos de buceo especiales, como por ejemplo buceos profundos (más de 18 metros), nocturnos, en barcos hundidos, cavernas, buceo con mezclas, etc, el Divemaster deberá tener registrado cuales son los buceadores habilitados para realizarlos y estar al tanto de los procedimientos y equipos que usarán, pudiendo si nota alguna desviación o situación poco clara o directamente antirreglamentaria, informarle al Instructor a cargo, en forma personal o por radio y actuar en consecuencia, teniendo la responsabilidad y autoridad de detener los buceos.

# ■ Visión de formación profesional

La función básica de un profesional de buceo está directamente relacionada con la seguridad y el confort de sus alumnos. Horas son gastadas con ejercicios como, vaciar la máscara, uso de las fuentes alternativas de aire, equilibrio hidrostático, explicaciones sobre la importancia del sistema de duplas, reglas de seguridad entre otras. Más tan importante como estos ejercicios es educar y preparar mentalmente a los alumnos, para que estos tomen las decisiones correctas a lo largo de su vida como buceadores.

Los sistemas de enseñanza modernos - que hacen hincapié en las reglas de seguridad, uso correcto del equipamiento, sistema de duplas - están dando buenos resultados de modo que el porcentaje de accidentes por número de buzos es muy bajo. Por qué debemos considerar entonces que un buzo entrenado y certificado corre algún riesgo potencial?

Toda eficacia de un sistema de enseñanza puede ser perdida por completo en algunos individuos, si el profesional no fuera capaz de percibir y de lidiar con ciertos comportamientos, comunes en alumnos de un curso de buceo. Esos comportamientos son fácilmente observados pues esos individuos se encuentran en un ambiente desconocido, con personas desconocidas y en situaciones adversas, o sea están vulnerables.

Para la mayoría de las personas, aprender a bucear no sólo es

algo que se hace los fines de semana. Es la satisfacción que pueden realizar algo nuevo. En el proceso de entrenamiento, los alumnos aprenden mucho sobre su propia personalidad. Si pudiéramos ayudar a los alumnos a llegar al tope de la pirámide durante el entrenamiento, sin duda eso tendrá influencia cuando estuviera lidiando con otras situaciones de la vida, transformándolo en un ser humano más feliz.

Ser parte de este proceso es el mayor premio que cualquier profesional verdadero pueda desear.

El curso de Divemaster PDA es el primer nivel profesional obligatorio dentro de la escalera de formación de PDA. Las características principales de este curso son que los estudiantes que completan satisfactoriamente el curso, podrán actuar como Guía de Inmersión, llevando a buceadores certificados en inmersiones de aguas abiertas, ayudar en el entrenamiento de nuevos buceadores, tanto en aula como en el agua bajo supervisión de un Instructor, y enseñar algunos cursos de buceo en los que no se emite certificación (por ejemplo, el programa de snorkeling y de buceo libre). Éste es un estándar Internacional de PDA y por consiguiente siempre está sujeto a las diferentes legislaciones nacionales o locales. En casos donde las legislaciones existentes difieran de este estándar, la Delegación de PDA del país o área, si existe, debe pedir por escrito a la oficina central de PDA, una “Desviación” de este estándar para satisfacer la legislación del área, apoyando su demanda con la documentación

apropiada. Las desviaciones, si se solicitan, para ser consideradas válidas, deben aparecer al final de cada documento de estándar específico. En casos donde las legislaciones locales o nacionales sean más restrictivas que el Estándar de PDA, entonces la legislación local prevalecerá, pero si el Estándar de PDA es más restrictivo, entonces el Estándar de PDA prevalecerá, porque lógicamente cumpliendo el más restrictivo Estándar de PDA, la legislación local se cumplirá también.

## Filosofía de enseñanza y autoevaluación

El objetivo de la Filosofía DRF PDA es enseñar a los alumnos a que aprendan a trabajar en equipo, a superar y respetar el medio ambiente estando en contacto con la naturaleza.

DRF es un acrónimo que sintetiza las características principales de un buen buceador que los profesionales PDA deberán incentivar y contener:

**D: Determinación:** es la primera característica a ser despertada en los futuros buceadores, se refiere al sentido común, a la capacidad de discernir lo más conveniente en cada situación, en donde no alcanzan los conocimientos y habilidades si la actitud y determinación con la que se analizan los riesgos no es la correcta. El buceo es una actividad altamente sociable y el alumno tendrá que aprender la importancia del trabajo en equipo y lidiar con sus propios límites y los de sus compañeros aprendiendo a no ser egoísta y pudiendo tomar las mejores

decisiones con determinación. Esta característica será promovida fundamentalmente por el ejemplo personal del que forma, el Instructor.

**R: Respiración:** la respiración durante el buceo es afectada de varias formas. Durante el descenso y con el aumento de presión tenemos un incremento proporcional en la densidad del gas respirado, causando consecuentemente una mayor resistencia respiratoria, lo que sumado a la compresión del tórax por el traje de neoprene, por el chaleco compensador y por el cinto de lastre, se verá modificado el ritmo respiratorio, y aumentado el consumo, disminuyendo la autonomía o sea el tiempo que podemos estar disfrutando del buceo.

**F: Flotabilidad:** el cambio para un medio 800 veces más denso que el aire exige del buceador una nueva habilidad, la flotabilidad, que engloba posición, distribución del lastre y un excelente control de su cuerpo debajo del agua. Es necesario que todos los equipamientos estén sujetos al chaleco compensador (octopus, consola), que no se usen los miembros superiores para mantener la flotabilidad neutra, debiendo utilizar el agua a nuestro favor para movernos mejor. Se deberá considerar que el alumno se sienta cómodo primero en la superficie del agua (teniendo un moderado dominio de técnicas natatorias), para luego estar tranquilo e ir incorporando los procedimientos de buceo.

Conclusiones : la Filosofía PDA es un parámetro que nos servirá durante toda nuestra vida como buceadores, para replantearnos como estamos buceando, que es lo que deberíamos mejorar y cuáles son las áreas en las que hemos logrado evolucionar.

## Estadísticas de accidentes

Los datos estadísticos son de fundamental importancia para un correcto análisis de accidentes y para que puedan ser implantadas posteriormente, acciones correctivas eficaces. Iremos a revisar algunos datos relevantes reunidos por los últimos relatorios de la DAN.

**Edad:** Los datos muestran que la edad media de las víctimas de accidentes de buceo es de 36 años, siendo ésta la franja de edad de la mayoría de los practicantes de ésta actividad, por lo que no es significativo, pero en los números de accidentes fatales, vamos a encontrar la mayor área de riesgo en edades entre 50 y 59 años, en donde factores como las enfermedades coronarias están más presentes.

**Problemas de Salud:** Es importante notar que muchos de los buceadores envueltos en accidentes de buceo presentaban

presión alta y problemas cardíacos y cerca del 17% eran fumadores. Los problemas de salud agudos más comunes en buceadores que se vieron envueltos en accidente fatales son: infecciones respiratorias, mareos, vómitos, problemas ortopédicos y gastrointestinales.

**Nivel de certificación:** La proporción de accidentes por nivel de certificación parece obedecer a las probabilidades, pues la mayoría están en los niveles básicos y avanzados.

**Experiencia:** La mayoría de los accidentes ocurre en períodos mayores a 10 años después de la certificación como buceadores. Debemos recordar que no siempre el tiempo de certificación es un buen indicador de experiencia, reforzando la idea de que la poca práctica es la gran responsable del accidente, por eso el logbook es exigido por muchas operadoras de buceo.

**Planeamiento de buceo:** La mayoría de los accidentados planificaban sus buceos con computadoras, siguiéndole en la estadística los que realizaban la planificación con tabla y por último los que realizaban buceos guiado por profesionales.

Los estudios de 1998 muestran que los usuarios de computadoras están más propensos a presentar Accidente

Descompresivo tipo I y menos tipo II.

**Deficiencias de Habilidades:** Los problemas más comunes presentados durante el buceo que resultan en accidentes son fundamentalmente la falta de equilibrio hidrostático, el exceso de lastre, el ascenso rápido y la falta de aire por negligencia o distracción. Estos problemas ocurren por falta de práctica y de educación continuada, por lo cual PDA fundamenta y aplica su Filosofía DRF en la formación de buceadores.

**Causa de Muerte:** El ahogamiento es la causa de muerte más común, y en general es la consecuencia de otros accidentes primarios como ser los cardiovasculares, fallas en el equipamiento y falta de aire, entre otros.

## El Stress en el Buceo

Como hemos visto en el curso de Rescue Diver PDA, repasemos, el stress es definido como un factor físico, químico o emocional que genera tensión mental o física. Todos nosotros somos sometidos a distintos niveles de stress día a día, con los cuales debemos aprender a convivir y superar. Como buceadores la situación no es diferente. ¿Qué buceador nunca sintió, aunque sea por algunos segundos, miedo a lo desconocido? En un buceo en el *azul*, donde no se ve ni el fondo ni la superficie, eso es normal y hasta saludable; lo que no puede ocurrir es que las creencias individuales nos lleven al pánico.

El stress también puede ser generado por causas reales como: nadar mucho tiempo en contra de la corriente, frío durante el buceo o una emergencia por falta de aire. Esas situaciones pueden ocurrir, y en la mayoría de los casos no terminan en consecuencias graves, pues el buceador estuvo lo suficientemente calmo como para resolver la situación de stress, no permitiendo que la misma evolucione a una situación de pánico.

El pánico es el mayor problema que un buceador puede enfrentar, pues una vez en pánico este no razona más y la mayoría de las veces no consigue realizar maniobras básicas como soltar el cinturón de lastre o inflar el chaleco. Encuestas realizadas con Rescue Divers y *Divemasters* nos muestran que en la mayoría de situaciones de rescates en la superficie la

víctima es encontrada con el chaleco compensador totalmente vacío y el cinturón de lastre en el lugar, así como la mayoría intenta nadar con la cabeza fuera del agua lo que aumenta el desgaste físico, sin intentar utilizar el snorkel o el regulador.

## **Fisiología del stress**

En una situación de emergencia el cuerpo se prepara liberando adrenalina, por consecuencia hay una alteración del ritmo respiratorio, llevando a una respiración corta y rápida, la cual por ser totalmente ineficiente genera una sensación de sofocamiento. Si la persona no puede controlarse y retomar la respiración normal, estaremos frente a una situación de pánico en la cual la víctima perderá la percepción de lo que ocurre a su alrededor siendo incapaz de actuar.

En ese caso el individuo debe ser rescatado inmediatamente.

## **Reconocimiento del stress**

Reconocer un buceador estresado es el factor de mayor importancia para evitar una situación de pánico. Para eso el Divemaster PDA debe tener el reflejo natural de observar todo aquello que ocurra a su alrededor.

## Antes del buceo

Buceadores que se muestran muy callados, que presenten síntomas de descomposturas o que busquen apartarse del grupo pueden ser sólo tímidos, pero existen muchas chances de que se encuentren preocupados por algún motivo. **(Figura 3).**

Preste atención también a situaciones completamente opuestas como buceadores que hablan de más y en voz alta y principalmente aquellos que cuentan sus habilidades como buceadores.



Figura 3

## Equipándose

Buceadores que demoran mucho para equiparse o se mueven demasiado por la embarcación así como armar y desarmar sus equipos repetitivamente o equivocadamente tienen que ser observados con más cuidado.

## Durante el buceo

Actitudes como: maniobras constantes para vaciar la luneta, total falta de equilibrio hidrostático, aleteo y movimientos exagerados (**Figura 4**), uso de las manos para la natación, columna continua de burbujas, observaciones continuas de la consola, caracterizando una respiración descontrolada, indican situaciones de stress.



**Figura 4**

## Stress fisiológico

Las causas que pueden llevar al stress fisiológico son: frío, descomposturas, narcosis, fatiga, mal estado físico, uso de drogas o alcohol, equipos inapropiados o con mal funcionamiento, no utilización del chaleco compensador y manómetro.

## Stress Psicológico

El estímulo para el stress psicológico puede ser real o imaginario. Las causas posibles son: cansancio físico, censura o represión, creencias y actitudes particulares, tensión, percepción que no puede lidiar con algún problema.

### Como evitar el stress

La mejor manera de evitar el stress o pánico, es evitando actitudes instintivas, entrenando los procedimientos de emergencias. (Self - Rescue). Reconocimiento rápido de los factores de stress así como conversar con la víctima para evaluar el sentido real del comportamiento.

# Anotaciones:

# Anotaciones:

## Equipamientos de Buceo

Creemos imprescindible que un Divemaster tenga bien claro todos los conceptos en los equipamientos de buceo se refieren y pueda explicar y asesorar sobre los mismos a los buceadores.

### Equipo básico. La máscara.

Las máscaras de buceo no sólo deben permitir la visión bajo el agua, sino que deben poder alojar en su interior la nariz y permitir el ingreso de nuestros dedos por encima del material que la recubre (goma, silitex o silicona) ya sea con o sin guantes para poder realizar la maniobra de compensación de nuestros oídos durante la fase de descenso en nuestros buceos.



Máscara de silicona cristal con vidrios repartidos

Los cristales pueden ser enterizos o repartidos, son planos y templados para que no se astillen y eso deberá estar grabado en los vidrios con las palabras Tempered Glass, "Tempered" o "Safety" o una "T".

Deben tener un excelente sellado a nuestra cara para impedir el ingreso de agua y sin necesitar de un gran ajuste para lograrlo.

No todos los modelos puede que logren ese sellado y por eso debemos comprobarlo directamente.

Para hacer esa comprobación nos colocamos la máscara sobre la cara, sin utilizar las tiras de sujeción, e inspiramos. Si se queda pegada al rostro todo el tiempo que mantenemos la respiración y no sentimos pequeñas fugas de aire, quiere decir que nos queda estanca.



Máscara de silicona negra y vidrio enterizo

Es importante tener en cuenta en caso de usar bigotes o barba, que el buceador pruebe las máscaras que sean necesarias y obtenga certeza de un buen sellado.

Hoy día hay diversidad de máscaras en el mercado y debemos buscar la que mejor se adapte a nuestras necesidades. Sin duda las de material de silicona tendrán un mejor rendimiento y durabilidad que las de goma o silitex, pudiendo ser las mismas de color transparente o cristal o de variados colores, siendo el color negro uno de los que más resisten el paso del



Máscara de silicona negra y vidrios repartidos y de volumen reducido para apnea

tiempo.

Existen de variados volúmenes internos, siendo las de poco volumen indicadas para realizar buceo en apnea, debido a la menor necesidad de aire para vaciarla en el caso de inundación y fundamentalmente la menor cantidad de aire necesario para compensarla durante los descensos.

Hay que destacar que las máscaras nuevas tienen en el vidrio una cera que es la que va a almacenar el condensado de humedad por diferencia térmica entre el agua y la cara produciendo el típico empañado que disminuye la visión clara del buceador. **Recomendamos para minimizar el empañado del cristal de las máscaras nuevas, frotar la parte interna del vidrio con un abrasivo tipo pasta dental o realizar con mucho cuidado una pasada con un encendedor para remover la cera.** En cada buceo generalmente se deberá usar un antiempañante que puede ser natural como la saliva o un preparado tanto comercial como casero en el caso de que la máscara sea usada por varias personas en el caso de equipo de alquiler.

## Conservación y mantenimiento

Al igual que todos los equipamientos de buceo, la máscara debe ser lavada con agua dulce después de cada buceo en aguas de piscina, para sacarle el cloro y otros químicos y también después de bucear en aguas abiertas fundamentalmente en agua salada. Debemos guardarlas con el equipo de forma que el cristal este protegido de los golpes usando una caja plástica o

introduciéndola en la bota de la aleta. Si va a ser almacenada durante algún tiempo es recomendable rociarla con talco industrial para que absorba la humedad y evite el resecamiento.

## ■ El tubo respirador o snorkel

Sirve para respirar con la cara sumergida lo que nos hace la tarea de nado mucho más descansada. Suele usarse para realizar recorridos en superficie desde el barco o playa al lugar de buceo y viceversa y no utilizar el aire del cilindro.

Escogeremos tubos que midan entre 30 a 35 cm de longitud y de diámetro de entre 2 a 2,5 cm. Los snorkel actuales son de tipo “J” que describe la curvatura del mismo, ya que anteriormente se usaban en general los de tipo “L” con una curva pronunciada que producía una mayor vibración al avanzar, al igual que una mayor resistencia al vaciarle el agua.



Snorquel tipo "J" con válvula de purga

Las boquillas deben de material hipo alergénico y es recomendable que posea una válvula de purga para una mejor eliminación del agua que vaciemos del mismo. Lo utilizaremos al lado izquierdo, debido a que del lado derecho ingresa el regulador de buceo y nos es conveniente que estén del

mismo lado.

Para algunos buceos con techo como por ejemplo cavernas, cuevas o naufragios es desalentado su uso por posibles enganches, al igual que en la rama de buceo técnico

## ■ Aletas de buceo

Tiene como objetivo la optimización de la propulsión del buceador y el agarre al agua para un mejor desplazamiento y manejo del cuerpo dentro del agua.

Existen dos tipos de aletas en función de su sistema de sujeción:

- Cerradas: forma de zapatilla que cubre totalmente el pie. Admite una mejor sujeción al pie pero no admite botas de neoprene en caso de aguas frías.
- Ajustable: talón abierto y llevan una correa unida con hebillas al cuerpo de la aleta.

Se fabrican de diferentes materiales como goma, termoplástico y



**Aleta termoplástica de pie completo  
inervada en goma**

mixtas. En general vienen en diferentes talles, longitudes y anchuras y las elegiremos dependiendo de nuestra antropometría, altura, peso y tipo de buceo a realizar.

Se discriminan dos áreas en las aletas, la bota, siendo la parte donde ingresa el pie y la pala que es la parte de apoyo,

rozamiento y empuje del agua para lograr la propulsión durante el buceo.

Una vez que el buceador encuentre una aleta que le brinde una óptima propulsión de manera económica (Con poco gasto energético), deberá tratar de llevarlas a los distintos buceos



Aletas termoplástica de tira regulable o ajustable

que realice inclusive aunque sean en lugares lejanos donde deba llevarlas en un avión dentro de un bolso o maleta.

No se arrepentirá de ello, las aletas le proporcionan propulsión, agarre de su

cuerpo en el agua y ayuda para salir de situaciones de buceo con corriente, una natación larga en superficie para llevar al barco o la playa o el remolque de algún compañero por ejemplo.

Para determinar su talle de aletas se las debe probar con la bota de neoprene, media de neoprene o con el pie desnudo en el caso de utilizar las de pie cerrado. Deben quedar cómodas y con un calce justo para que el pie desnudo o la bota no se mueva dentro de la aleta, impidiendo así que tenga un buen agarre y produciendo en ese caso que hagamos mal la fuerza y seamos propensos a sufrir de calambres. **Es recomendable cuando usamos las aletas con botas, dejar entrar agua a la bota para**

evitar un efecto de ventosa que produzca dolor en el pie.

## Trajes de buceo

El hombre sumergido en el agua pierde calor 25 veces más rápido que en el aire, por lo que para poder disfrutar y prolongar el tiempo de permanencia necesitará de una protección térmica acorde al lugar de buceo y a su sensibilidad a las bajas o altas temperaturas. El objetivo principal del traje es mantener al buceador aislado de la temperatura ambiental y del contacto directo con el agua, corrientes o movimientos de agua dentro de su traje. Sirven además para protegerse de las rozaduras con las rocas y de contactos accidentales con organismos subacuáticos urticantes.

En general conocemos tres modelos principales de trajes de buceo: trajes húmedos, trajes semisecos y trajes secos.

### El traje húmedo (wetsuits)

Además de las propiedades térmicas del material en sí mismo, el traje húmedo contiene entre la piel y el material una capa de agua. Por su calor corporal esta capa de agua se calienta y se obtiene un buen aislamiento.

El material que más se utiliza para confeccionar esta indumentaria es el neoprene, un derivado de la goma que contiene en su interior burbujas de aire o nitrógeno, que son malas transmisoras de la temperatura de adentro para afuera como así también de afuera hacia adentro, al mismo tiempo que

poseen buena elasticidad y durabilidad debido a que en general vienen con una capa de nylon interior y exterior que evita desgarros con las uñas en el proceso de equipado y desequipado.

También se usa el neoprene comprimido de alta densidad, con la misma prestación que los de mayor grosor y el mismo poder de aislación. Existen en trajes de neoprene diferentes variedades en lo referente a grosores, los cuales pueden ser de 2mm, 3mm, 5mm, 7mm y de hasta 8mm en los caso de trajes para trabajos subacuos de recolección de bivalvos por ejemplo. Dichos trajes se lo puede encontrar en el mercado en tipo monopieza, o doble



Traje húmedo de neoprene de 7mm

pieza con jardinero y chaqueta y algunos también con capucha incorporada a la chaqueta.

En general se puede decir que en aguas tropicales (27 grados o más) es suficiente tener un traje corto con un espesor entre 2 o 3 mm. Si usted va a bucear en aguas entre 20 o 27 grados, necesita un traje con un espesor mínimo de 5

mm. Si usted ingresa a practicar snorkel o buceo en agua con menos de 20 grados necesitará un traje húmedo monopieza con un espesor mínimo de 7 mm o un traje húmedo de dos piezas. Con temperaturas del agua de 10 grados o menos es altamente recomendable el uso de un traje seco de buceo.

## El traje semiseco

Hay trajes de buceo que combinan propiedades de los trajes secos y trajes húmedos: el traje semiseco. Está confeccionado



Traje semiseco de neoprene de 7mm

con neoprene y la mayor diferencia radica en las costuras, sellos internos en muñecas y tobillos y en algunos casos el cierre o cremallera seca. A través de este cierre, la forma de la costura y las juntas de los brazos, piernas y cuello hay menos flujo de agua. Como resultado el agua se queda más tiempo en el traje y se mantiene caliente durante más tiempo.

## El traje seco (Drysuits)

Practicando buceo (o snorkel) en agua fría (por debajo de 10 grados Celsius) es necesario usar un traje seco. Con un traje seco el agua no ingresa, la ropa usada debajo del mismo se



Trajes secos de neoprene y trilaminados

mantiene seca y el aire que está entre su cuerpo y el traje se calienta manteniendo una temperatura agradable en su interior. Puede ser confeccionado con diferentes materiales como

neoprene, neoprene comprimido, materiales trilaminados, etc. Bucear con un traje seco es muy diferente a bucear con un traje húmedo y es necesario entrenamiento adicional para su uso.

## Elección del traje de buceo

Que traje de buceo usar depende de su preferencia personal y sus características físicas y teniendo siempre algunas referencias para poder decidir correctamente

¿Dónde va a bucear? ¿En aguas tropicales, en aguas templadas-frías o prefiere bajo el hielo? La temperatura del agua determina el espesor del traje y si tiene que cubrir todo el cuerpo o no. Cuanto más profundo se bucea, más frío hace. La profundidad tiene también un efecto sobre el traje de buceo en sí mismo. Cuánto más profundo va, más disminuye el efecto aislante del material por la presión del agua.

La duración de la inmersión también afecta el tipo de traje que usted debe usar. Si usted quiere bucear por un tiempo largo necesita un traje de buceo más grueso. Estas son todas variables a tener en cuenta para su elección. Algo muy importante es saber que por la cabeza se pierde alrededor del 40% de la temperatura corporal, así que recuerde la importancia de protegerla. La pérdida de calor también se produce a través de la respiración y en zonas de mayor irrigación sanguínea como la ingle y el pecho.

Hay ciertos fenómenos que producen una rápida pérdida de temperatura corporal como la convección cuando corrientes de

agua pasan por su cuerpo ayudando a una rápida pérdida de calor como sucede en buceos contra corriente y sin protección térmica. Es recomendable la ingestión de chocolate en barra y sopas antes de inmersiones en agua fría y no tanto la ingestión de café caliente que actúa como diurético e incentiva la deshidratación.

## Botas de buceo

La razón principal para ponerse algo en los pies durante el snorkel o buceo es como protección y prevención de enfriamiento. Se puede elegir entre medias y botas de neoprene, La elección será determinada por la temperatura del agua, el subsuelo y el tipo de aletas siendo recomendada con suela de goma y cierre para su mejor postura



## Guantes de buceo

Las manos y los pies son los primeros que se enfrían en el agua. Los guantes de buceo protegen del frío y de esta manera evitan que las manos se endurezcan.

Además ofrecen protección del entorno (rocas afiladas, plantas y animales). Es recomendable usar los guantes de buceo (finos) si usted quiere ir a hacer con snorkel en agua fría o por un tiempo largo. Son en realidad una extensión de su traje de buceo y equipo de snorkel. Vienen en distintos espesores, materiales y modelos como se muestran debajo.



## Capucha de neoprene

Como dijimos anteriormente, aproximadamente un 40% de la temperatura corporal se pierde por la cabeza, por lo cual el buceador deberá tener muy en cuenta el uso de una capucha de neoprene durante sus buceos, siendo la experiencia práctica en su uso, muy recomendable en aguas a temperaturas menores a 18 grados.



## Sistema de lastre

La flotabilidad adicional del traje debe ser compensado por el



Pastillas de plomo de 1 kilo, 1,5 kilos y 2,5 kilos

lastre, que está constituido por una serie de plomos, de diversas formas y con un peso que oscila entre medio kilo y varios kilos, ensartados en un robusto cinturón de nylon de cm de alto y con una hebilla fácil de soltar (zafado rápido)

La cantidad de peso debe ser tal que mantenga al buceador, en inspiración y totalmente equipado, con el agua entre la barbilla y los ojos. Por lo general corresponde, aproximadamente, a una décima parte de su peso.



Cinturón de lastre con hebilla de acero inoxidable

La disposición de los plomos debe ser homogénea y la mejor solución es colocarlos en la zona ventral, para no tener problemas con la botella que se apoya en la espalda y ayudar a posicionar el cuerpo

del buceador en posición ventral al contrario de lo que ocurre cuando concentramos los pesos en la zona lumbar llevando a una posición podálica del buzo.

La característica fundamental de un buen cinturón es el zafado

rápido, para accionarlo inmediatamente en caso de emergencia y conseguir aligerar el peso.

Una buena manera de ponerse y quitarse el cinturón es tomarlo por la parte libre con la mano derecha, de manera que los plomos no puedan resbalar y caer al suelo o sobre el pie de algún compañero y tomar con la mano izquierda la hebilla. De ésta manera se configura para la correcta apertura de soltado rápido abriendo la hebilla hacia la derecha. Para colocárselo, el cinturón se deposita en el suelo, frente a uno mismo, cuidando



**Chaleco compensador con bolsillos para lastre integrado**

de que todos los plomos estén debidamente situados; se pasa por encima y con las dos manos se levanta hasta la cintura; se dobla un poco la espalda, se coloca el cinturón sobre la cintura y se cierra la hebilla.

Recomendamos que las hebillas sean de acero

inoxidable por la durabilidad y confiabilidad en que una vez cerrada no se abrirá o aflojará por sufrir desgaste del material de la hebilla.

También hace un tiempo se posiciono el uso de chalecos compensadores con bolsillos donde integrar pastillas de lastre y no usar cinturones, siendo más cómodos al no tener peso en la zona lumbar.

## Equipo autónomo de buceo. Los cilindros.

Son los recipientes que contienen el aire a presión. Los nombres más apropiados serán cilindros o botellas de buceo.



Los dos mayores fabricantes de cilindros de buceo de aluminio son Luxfer y Catalina y de acero cromomolibdeno son Faber o Roth, donde cada uno tendrá sus

ventajas e inconvenientes. El acero será más pesado y deberemos llevar menos lastre en nuestros cinturones, lo que es estupendo, pero se oxidará antes al contacto con el agua por su composición. El aluminio, siendo más ligero, resistirá mejor la oxidación, pero tendrá menos resistencia a los golpes.

Dependiendo del país donde bucees, encontrarás unos u otros. En la actualidad, los cilindros de aluminio son un poco más baratos de fabricar y se han extendido por muchos países.

Los tamaños serán desde 6 litros, para los más pequeños, hasta 18 litros para los más grandes, aunque los más comunes y usados serán de 11 litros u 80 pies cúbicos de capacidad. Los cilindros se llenarán con el mismo aire que respiramos habitualmente, mediante compresores especiales, con filtros para limpiar impurezas y eliminar la humedad del aire, a una presión de 200 o 300 bares dependiendo de sus características. Es nuestra responsabilidad comprobar y oler el aire de nuestro

cilindro antes de cualquier inmersión, para comprobar que está limpio y no contaminado. Si aprecias un extraño olor en el aire, no bucees con él, es realmente peligroso para la salud.

Todos los cilindros necesitan de dos pruebas de seguridad para garantizar un buen funcionamiento.



**Inspección visual interna  
de un cilindro de buceo**

Una de ellas no es obligatoria pero sí altamente recomendable y se llama inspección visual, mínimo una vez al año, donde un técnico cualificado revisará el exterior e interior del cilindro y su válvula, en busca de corrosión, defectos, vapor de aceite impregnado o cualquier signo de mal funcionamiento.

Si todo esta correcto se añadirá una pegatina al tanque con la fecha de la inspección. Por el contrario, si existe algún deterioro, oxidación o manchas de aceite se realizará el mantenimiento y si es irreparable el cilindro se desechará.

Por otro lado tenemos la segunda y obligatoria prueba de seguridad llamada prueba hidrostática. Se realiza en la llamada prensa hidráulica, donde se someterá al cilindro llenándolo de agua a una presión mayor de la habitual, en general un 50 %

sobre la presión de trabajo y, se comprobará la flexibilidad mecánica del material a los cambios de presión. Esta prueba es obligatoria en todos los países y dependerá de la legislación de cada uno cuando realizarla.



**Prueba hidráulica de un cilindro de buceo  
en una prensa hidráulica**

En algunos países será cada 3 años, aunque la práctica habitual será cada 5 años y deberá ser registrada bajo relieve en la parte superior de cada cilindro, donde se mostrará el mes y año, con un logotipo en medio de las dos fechas que pertenecerá a la empresa que hizo la prueba.

Todo cilindro que no pase la prueba hidrostática será desechado. La vida útil de un cilindro esta en 20 años aproximadamente.

## Datos del cilindro

Es importante que los buceadores puedan entender los datos que están grabados bajo relieve en la ojiva del cilindro de buceo, para ello describiremos de forma simple cual es el significado de la información más importante a tener en cuenta. Para ello tomaremos como ejemplo a un cilindro de aluminio marca Luxfer que serán los más encontrados en el mercado americano.



**TC:** Transport Canada. Organismo de control de envases de alta presión (Canada).

**DOT:** Department of transportation. Organismo de control de envases de alta presión (USA).

**3ALM:** Especificación del tipo de material en Canada.

**3AL:** Especificación del tipo de material en USA.

**207:** presión de trabajo en Bares.

**3000:** Presión de trabajo en PSI.

**F123456:** Número de serie del cilindro.

**Luxfer:** Nombre del fabricante.

**MMAYY:** Fecha del test hidrostático original con logo de la agencia certificante.

**S80:** Capacidad de almacenamiento de aire en Pies Cúbicos

Muchos buceadores siempre tienen dudas de la capacidad de aire de su cilindro, de cuantos litros de aire representa la reserva de 50 bares y cuantos litros de aire tienen durante el buceo cuando leen su manómetro. Por lo tanto pondremos un ejemplo simple para esclarecer. Tomaremos como referencia el cilindro Luxfer visto anteriormente y que sólo tiene grabado en su ojiva la capacidad de almacenamiento de aire en Pies Cúbicos. El cilindro es un S80, e indica que tiene 80 Pies Cúbicos de capacidad, entonces lo primero que debemos recordar es que 1 Pie Cúbico de aire equivale a 28,317 litros, por lo tanto si multiplicamos 80 Pies Cúbicos por 28,317 litros, nos dará un total de 2265 litros de capacidad de aire, eso es siempre que esté cargado a la máxima presión de trabajo que tenga grabado (207 Bares). La fórmula sería:

$$\text{CTA: CPC} \times 1 \text{ PC}$$

**CTA:** Capacidad total de almacenamiento de aire

**CPC:** Capacidad del cilindro en pies cúbicos

**PC:** Pie Cúbico

Ahora lo que debemos realizar es un cálculo para determinar lo que vamos a llamar Volumen Hidrostático del cilindro (Que no es ni más ni menos que la cantidad de litros de agua que le ingresa a nuestro cilindro). Para ello debemos utilizar ésta fórmula a seguir:

## **V.H: CTA /P.T (Bares)**

**V.H:** Volumen hidrostático

**CTA:** Capacidad total de almacenamiento de aire

**P.T:** Presión de trabajo (Bares, Atm o Kg/Cm2)

Ahora podemos determinar cuál es el Volumen Hidrostático de nuestro cilindro S80 usando la fórmula de arriba.

**V.H:** 2265 Litros/207 Bares

**V.H:** 10,94 litros

Y sabiendo el volumen hidrostático en éste caso de nuestro cilindro Luxfer S80, lo podemos multiplicar por la presión manométrica en Bares, Atm o Kg/Cm2 y nos arrojará directamente la cantidad de litros de aire que tenemos en nuestro cilindro. Por ejemplo, si nuestro manómetro nos marca que tenemos 120 Bares, multiplicaremos  $120 \times 10,94$  (Podemos usar 11 para un cálculo más rápido), nos arrojará que tendremos en ese momento unos 1312 litros de aire en nuestro cilindro.

Ahora podremos saber fácilmente que nuestra reserva de 50 bares, representan unos 550 litros, simplemente multiplicando  $50 \times 11$ .

## Almacenamiento de los cilindros:

Recomendamos que los cilindros que no sean usados por algún tiempo, sean almacenados con un mínimo de presión de aire de 20 o 30 Bares (para que no ingrese humedad ni algún gas contaminante que estuviera en la atmósfera del lugar) ni presiones mayores para evitar el stress o fatiga del material al estar cargado a altas presiones por mucho tiempo.

Almacenarlos parados en ambientes secos para en el caso de proceso oxidativo por humedad, se produzca en la base que es la parte más gruesa y siempre a la sombra sin exposiciones de altas temperaturas.

Es importante destacar que aquellos cilindros que no hayan sido usados por un tiempo mayor a los 90 días deberán ser vaciados y pasar en principio por una inspección visual realizada por un técnico cualificado, realizarse el mantenimiento determinado y si va a ser usado nuevamente y sigue con la prueba hidráulica vigente, cargarlo en dos etapas con espacios mínimos de 12 horas, primero a 130 bares y luego llevarlo a 200 bares.

## Válvulas de los cilindros

Ahora vamos a hablar de las válvulas de los cilindros.

Primeramente se utilizó para buceo recreativo un modelo llamado “J” que incorporaba un sistema mecánico donde cuando la presión del cilindro llegaba a 30 bares, se equilibraba con la presión de un resorte del sistema de reserva y empujaba un



**Válvula J con conexión Yoke**

asiento de alta presión que cerraba el paso de aire por los conductos de la válvula.

El mecanismo tiene una palanca externa que al ser bajada por el buceador a través de una varilla conectada a la misma, retraía un asiento de alta presión y permitía el paso de esos 30 bares de aire que quedaban en el cilindro. Ya no es usado

en buceo recreativo porque la reserva ya no es de 30 bares sino de 50 bares y fundamentalmente porque el buceador debe guiarse por la lectura de su manómetro. Ese sistema fue creado como soporte para condiciones de buceo con visibilidad nula y se sigue usando para éste tipo de buceo.

Actualmente se usa el sistema de válvula "K" de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro en los cilindros de buceo tanto para buceo recreativo como técnico y siempre el material es bronce cromado.



**Válvula K con conexión Yoke**

será un núcleo metálico con una goma denominada junta tórica u o-ring rodeando la entrada, para evitar fugas de aire proporcionando una estanqueidad perfecta.

Al igual que los reguladores, tendremos válvulas con conexión Internacional/YOKE o de estribo para buceo recreativo o válvula DIN recomendada para buceo técnico.

La característica principal de la válvula Internacional/YOKE



**Válvula K con conexión Yoke y conversión a DIN**

Por otro lado tendremos las válvulas con sistema DIN. ('Deutsches Institut für Normung', o bien, "Instituto Alemán de Normalización"). Su diseño permite que el regulador sea enroscado directamente a la válvula y esto hará un bloque más compacto y resistente.

La junta tórica u o-ring irá en el regulador en vez de la válvula. Cuando el cilindro tenga la presión de carga indicada proceda a abrir su válvula de la siguiente manera: una vez colocado en la posición correcta el regulador gire la perilla de la válvula suavemente hasta llegar al tope y regrésela girando media vuelta. Esto hará que el asiento de teflón interior de la tapa guía y el o-ring del vástago no estén comprimidos y se deformen más rápido perdiendo la estanqueidad y produciendo fugas cuando el regulador este montado y el sistema presurizado

Todas las válvulas deberán mostrar su carga máxima de presión y nunca deberemos sobrepasarla.

La revisión anual del cilindro debe incluir el servicio de mantenimiento y limpieza de la válvula, desprendimiento de incrustaciones salinas por ultrasonido y cambio de todos los empaques.

## ■ Regulador de buceo

Junto con el chaleco de buceo y la botella de buceo, el regulador de buceo forma el fondo del equipo de buceo. El regulador se conecta a la botella de buceo y se usa para respirar bajo el agua. Además el regulador tiene más funciones. Un regulador completo consiste de una primera etapa, una segunda etapa, una segunda etapa alternativa (*ALV*), también conocida como octopus y una consola de buceo. La consola de buceo incluye un profundímetro y un medidor de presión (manómetro) y eventual un ordenador de buceo y una brújula.

El regulador de buceo es un dispositivo que requiere un mantenimiento especializado. Al menos una vez al año llévelo a un servicio técnico autorizado para una inspección. Los buceadores principiantes suelen utilizar el regulador de la escuela de buceo. Está contento con este regulador y desea comprar uno usted mismo? Todas las partes de un regulador se venden por separado pero es recomendable comprar la primera y segunda etapa y el octopus de la misma marca o incluso set (con los mismos números de serie).

La profundidad y la temperatura del agua determinarán que regulador es el más adecuado para usar.

### La primera etapa del regulador

La primera etapa de un regulador es en realidad la primera conexión y regula la presión de aire entre el cilindro de buceo y la segunda etapa del regulador. Esta primera etapa reduce la

presión de la botella (de 200 – 300 bar) a una presión intermedia de 8 – 11 bar por encima de la presión ambiente (encima del agua la presión ambiente a nivel del mar es siempre 1 bar). La primera etapa tiene 1 o 2 conexiones de alta presión y un mínimo de 3 conexiones de baja presión. En las de baja presión se conectan las mangueras que se utilizan para la segunda etapa principal, la manguera inflador (del comando del chaleco) y el octopus. Una manguera adicional puede ser necesaria cuando se utiliza un traje seco. En las conexiones de alta presión se conecta la manguera de alta del manómetro de la consola de buceo.

Se puede hacer una distinción en las primeras etapas entre una etapa de pistón simple, balanceada a pistón o balanceada a membrana. **Las primeras etapas balanceadas ofrecen mayor confort durante la respiración porque proporcionan una**



**Primera etapa de piston simple  
Conección Din (Izquierda) y Yoke (derecha)**

**resistencia a la respiración constante manteniendo la presión intermedia a cualquier profundidad o presión en la botella de buceo. Los reguladores de membrana tiene la misma prestación que los balanceados a pistón, sólo que con mayor cantidad de piezas por lo cual tiene mayor mantenimiento.**



**Primera etapa balanceada a piston**  
**Conección Yoke (Izquierda) y Din (derecha)**



**Primera etapa balanceada a membrana**  
**Conección Din (abajo) y Yoke (arriba)**

Las primera etapas pueden venir con la conexión INT/YOKE (conexión estribo) y la conexión DIN (conexión con rosca), que es considerado el más estable (seguro) y obligatorio para cilindros que trabajen a más de 220 bares.

La configuración YOKE o de estribo fue la primera en utilizarse en la industria del buceo y por consiguiente la más popular, hasta que a finales de los años 50 se inventó el sistema de válvula DIN en Estados Unidos, introducido en el mercado por el fabricante de equipos Poseidón.

Este tipo de válvula se extendió para los buceadores

que necesitaban descender más profundo, explorar el interior de cuevas o barcos hundidos o realizar un buceo más técnico con una mayor exigencia a las altas presiones o golpes en el equipo.

Una primera etapa está fabricada a modo de prueba de fallos.

Esto quiere decir que si alguna junta o membrana interna fallara, el sistema nunca dejaría de suministrar aire, produciendo un flujo continuo o free flow con el que podríamos ascender a superficie en condiciones de seguridad. Como obligación después de cada inmersión deberemos de mantener siempre el filtro de la primera etapa limpio y seco, ya que será el encargado de la calidad del aire que viaje hasta nuestros pulmones.

## La segunda etapa

La segunda etapa es el regulador con la boquilla por lo cual se inhala y exhala. Tiene como función reducir la presión intermedia de la primera etapa a la presión ambiente del buceador para que pueda respirar confortablemente. También en la segunda etapa hay sistemas compensados y no compensados.

Los sistemas compensados tienen mayor confort pero también son más caros. A menudo hay una perilla externo para la regulación de la resistencia de la respiración con lo cual se puede ajustar. En la parte frontal hay un botón de purga para evacuar el agua que pueda entrar. Las segundas etapas tienen un sistema tipo llamado downstream (a favor del flujo de aire), refiriéndose



Segunda etapa compensada

a la posición de la válvula con respecto al ingreso de aire. Un

diseño a favor del flujo permite que la válvula se abra si la presión intermedia es elevada (free flow) evitando así el daño de la manguera por sobrepresión. También se denomina diseño a prueba de falla pues siempre entregará aire al buzo mientras haya presión en el tanque.

## La segunda etapa alternativa (ALV) – El octopus

El octopus es también conectado a la manguera de baja presión de la botella de buceo. Por lo tanto es en realidad una segunda fuente de aire. Hoy en día es obligatorio bucear con un octopus. No tanto para sí mismo, sino para ayudar a otro buceador (*su*

*buddy*) en caso de emergencia.

El octopus es una segunda etapa y siempre tiene una manguera amarilla, la cual es un poco más larga que las otras mangueras. Hay etapas alternativas que están integradas con el inflador.



Segunda etapa alternativa (Octopus)

## Instrumentos del regulador

Un regulador de buceo también se compone de varios instrumentos de medición. Aunque muchos buceadores utilizan hoy en día un ordenador de buceo durante la formación de buceo va a aprender a trabajar con algunos instrumentos de

medición esenciales (analógicos).

## El manómetro

Un manómetro indica la presión restante en la botella de buceo. De hecho se utiliza un manómetro durante el buceo para ver la



cantidad de aire disponible. El manómetro está conectado a través de la manguera de alta presión con la primera etapa de la botella de buceo. Se utiliza el manómetro de forma regular durante el buceo y para los buceadores principiantes aún más. Por lo cual se tiene que poder leer bien y con facilidad (usando una pantalla de vidrio en lugar de plástico!).

## El profundímetro

Un profundímetro mide la profundidad a la que se encuentra el buceador. Anteriormente todos eran analógicos pero desde el avance de los relojes de buceo avanzados y ordenadores de buceo hay cada vez más profundímetros digitales.

Sin embargo, un contador analógico sigue siendo más conveniente (y barato). La escala es a menudo más precisa en aguas poco profundas. La mayoría de los profundímetros tienen

también una llamada aguja de arrastre, que se pone en el inicio del buceo a cero y que indica al final del buceo a que profundidad se ha llegado.

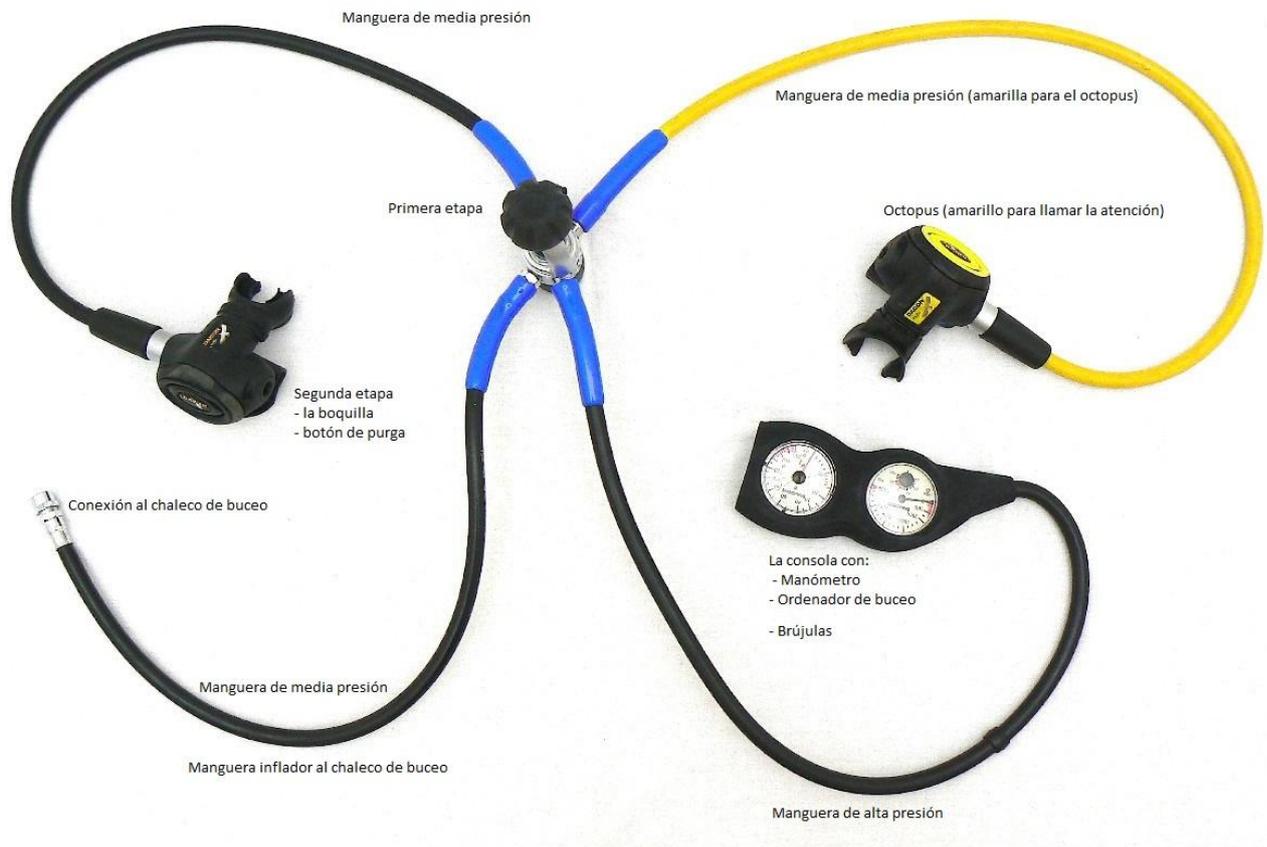


## La consola de buceo

La consola de buceo de dos tomos con manómetro y profundímetro.

En realidad la consola de buceo no es un instrumento de buceo, sino que contiene todos los instrumentos de buceo mencionado antes. Hay consolas de buceo de dos o tres tomos. Las de tres tomos tienen la brújula agregada. Se pueden comprar las consolas de buceo por separado pero en general se compra ya todo integrado. A menudo tiene la manguera de alta presión la cual se puede conectar a la primera etapa de la botella de buceo. Tenga en cuenta la fijación de su consola y asegúrese de que se pueda acceder fácilmente.





## Mantenimiento del regulador

Además de resultar esencial en cualquier inmersión, el regulador es una de las piezas más delicadas del equipo de buceo, por lo que conviene vigilar con esmero su mantenimiento. Por lo tanto el Divemaster debe estar atento a cualquier falla de los mismos que los buceadores refieran, debe separarlos y etiquetarlos con el desperfecto detectado para su posterior servicio, así como tener claro los tiempos de mantenimiento semestrales. **En los casos de reguladores de uso intenso por ser profesional de buceo o de alquiler en operadoras de buceo se recomienda una revisión general mínimo cada 6 meses.**

**La primera regla que debemos cumplir es la de lavarlo adecuadamente y con agua dulce después de cada inmersión. Por supuesto antes de hacerlo colocaremos el tapón de la conexión a la botella para evitar la entrada de agua.** Para ello no resulta conveniente aplicar chorro de agua a alta presión.

Cuando estemos seguros de que hemos eliminado cualquier resto de salitre o residuo, lo secaremos para después colgarlo a la sombra en un lugar seco. Lo colocaremos con la segunda etapa hacia abajo, para escurrir cualquier posible resto de agua que haya podido quedar en las mangueras.

Al guardarlo pondremos especial cuidado en que ninguna de las mangueras quede doblada de una manera forzada, puesto que eso dañaría sin duda al regulador.

Además de esto, deberemos respetar tres reglas de oro en el

uso habitual del regulador:

- Para su transporte, guárdelo siempre separado del resto del equipo y con sumo cuidado.
- Nunca tome las botellas por el regulador (ni aun estando en el agua).
- Nunca deje el regulador expuesto al sol ni a altas temperaturas.

A parte de este mantenimiento que podríamos definir como diario, es preciso que cada regulador pase una serie de inspecciones periódicas más técnicas, necesarias para garantizar un correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil y mantener la garantía.

Para un buceador activo que realice una media de más de 15 inmersiones al año, se recomienda una revisión anual. Entre una y otra revisión nunca está de más comprobar que el regulador no remite silbidos o ruidos cuando inhalamos, puesto que si lo hace es un claro síntoma de que necesita reparación.

Atención especial prestaremos también al estado del filtro cónico de entrada de la primera etapa, si está oxidado o tiene residuos debemos enviar cuanto antes el regulador a reparar, puesto que ese filtro es un fiel reflejo del estado de todo el equipo.

En el chequeo anual deberán analizarse los siguientes puntos:

- Estudio de las posibles fugas o pérdidas: lo que se hará con el regulador presurizado y sumergido en el agua.

- Desarme e inspección.
- Limpieza: se limpian las piezas plásticas en solución detergente y las metálicas en cuba de limpieza por ultrasonido.
- Reemplazo de elementos defectuosos o gastados.
- Armado.
- Calibración: se realizarán varias calibraciones para asegurar su correcto funcionamiento.
- Comprobación.

A menos que seamos técnicos cualificados en servicios de equipamiento, siempre resulta aconsejable ponerlos en manos de profesionales.

En los casos de reguladores de uso intenso por ser profesional de buceo o de alquiler en operadoras de buceo se recomienda una revisión general mínimo cada 6 meses.

## ■ Chaleco Compensador de buceo.

Se suelen conocer por su nombre en inglés como Buoyancy Control Device (BCD). Los chalecos compensadores nos ayudan a mantener la flotabilidad positiva en la superficie como a descender al vaciar su aire a través de la tráquea o inflador y permiten sujetar firmemente el cilindro de aire al cuerpo del buceador a través de un sistema de correa y hebilla.

Son los encargados además de varias funciones importantes:

Mantener el equilibrio hidrostático durante la inmersión a cualquier profundidad.

Permiten que el buceador tenga una flotabilidad neutra debajo del agua, mediante el botón de inflado que regula el aire que nos provee el tanque.

La capacidad de los chalecos suele variar dependiendo del modelo estableciéndose sobre los 14 y 27 litros, variando de manera natural y proporcional en función de la talla.

Los chalecos además nos permiten incorporan anclajes y bolsillos para que podamos añadirles accesorios. Estos chalecos de buceo son regularmente elaborados en nylon de alta resistencia con una bolsa (vejiga) interna de poliuretano.

## Tipos de Chalecos Compensadores

### Jacket convencional

Es el tipo de chaleco más utilizado en buceo recreativo. La vejiga de gas, encargada de hincharse y deshincharse para regular tu flotabilidad, se encuentra en la espalda y pasa también por debajo de tus brazos. Esto permite una mejor flotabilidad y equilibrio cuando estás en superficie.

Algunos modelos tienen el lastre integrado en los laterales, más cómodo y rápido de quitar que un cinturón convencional.



### Jacket de viaje

Son más ligeros y manejables debido a que no llevan back-pack en la espalda o, en algunos casos, esta placa es plegable.

Algunos modelos apuestan por la máxima portabilidad



eliminando también los bolsillos laterales y algunas de las anillas para colgar los accesorios.

El principal inconveniente es que suelen tener menos capacidad de flotabilidad, por lo que muchos no son adecuados para buceo en agua fría, donde necesitarás utilizar mucho lastre debido al grosor del traje.

## Ala

Este tipo de BCD lleva la vejiga de gas situada únicamente en la espalda. Así, permite regular de la forma más fina posible tu flotabilidad, siendo el tipo de BCD más utilizado por buceadores técnicos.

Son también los chalecos que se suelen usar cuando se bucea con botellas dobles.



## Otros equipamientos e instrumentales.

### Brújula de buceo

Una brújula no es quizás una parte esencial del equipo de buceo, pero puede ser muy útil para los Divemasters y buceadores. En el agua es difícil orientarse por la falta de luz y puntos de referencia. Es agradable saber en qué dirección hay que nadar para llegar a un lugar y para volver al lugar designado.



Obviamente la brújula debe indicar las coordenadas y tiene que tener una aguja claramente visible (siempre apunta al norte magnético).

En la corona móvil ubicada en la superficie de la brújula están los grados para ajustar manualmente su dirección. La línea de rumbo o navegación roja también puede facilitar el uso.

### Computadora de Buceo

La computadora de buceo es el componente del equipo más innovador de los últimos años, esencialmente lo que hace es brindar información vital para bucear con seguridad.

La computadora dispone de un procesador de datos que efectúa cálculos permanentes, una memoria que le permite guardar los datos del buceo en curso y de inmersiones anteriores, un profundímetro que efectúa lecturas constantes, un reloj que

asocia los datos anteriores con una fecha y hora, y, lo más importante de todo, un software que relaciona toda la información anterior.

Además posee un termómetro para conocer la temperatura del agua, e incluso hay modelos más sofisticados que además permiten controlar el consumo de aire.

Conociendo cuanto tiempo se permanece a cada profundidad y disponiendo de un programa que tiene incorporadas las variables de las tablas de buceo, la computadora nos puede brindar entonces:

- la duración de la inmersión
- la profundidad de la misma en cada momento
- el tiempo que podrá permanecer el buceador a una profundidad determinada sin necesidad de descompresión
- en caso de ser necesario hacer paradas de descompresión, como serán las mismas

El cambio impuesto con el uso de esta tecnología, pasa fundamentalmente porque se tiene en cuenta el perfil completo del buceo y no solo la profundidad máxima alcanzada que se aplica cuando usamos las tablas.

Al estar haciendo permanentes cálculos de tiempo y profundidad, sus resultados son más precisos y permiten bucear por más tiempo que realizando los cálculos conservadores que deben seguirse con el empleo de las tablas.

Otro aspecto muy importante en el uso de computadoras es lo relativo a los buceos repetidos.

En estos casos y teniendo en cuenta las características del primer buceo y el tiempo transcurrido, nos indica el tiempo y la profundidad a que podemos hacer el segundo buceo. Otra información que suele evaluar es la que hace a los buceos de altura y a los tiempos que restan para poder volar y nos brinda una aproximación teórica de cuanto nos resta para desaturar totalmente de nitrógeno los tejidos de nuestro cuerpo.

Otra utilidad interesante son los "avisos" en forma visual y acústica en caso de superar la velocidad máxima de ascenso (9 m / minutos). Si se supera dicha velocidad, indica que hacer para corregir tal situación, indicando generalmente que subamos más lento.

Finalmente tienen la capacidad de almacenar información de los últimos buceos: duración, profundidad máxima y la existencia o no de avisos. De esta manera, dichos datos pueden ser revisados con posterioridad (función "log book" o registro de buceos).

Varios modelos pueden ser conectados a la PC donde es factible actualizar, modificar o visualizar esta información de diferentes formas.



Computadora de buceo

Los modelos más sofisticados del mercado, incluyen el control del aire. Leyendo la presión del tubo, mediante una pieza conectada en una salida de alta presión (HP) del regulador, conocen el aire que resta. Como también conocen la profundidad, determinan estimativamente cuánto tiempo nos durará ese aire basado en un consumo promedio y muestran toda esta información al buceador.

Teniendo siempre presente que al bucear deben extremarse todos los recaudos y a pesar de todas las bondades de las computadoras de buceo, dado que sus formas de cálculos están basadas en estándares, que pueden fallar incluso por falta de un cuidado adecuado (todos los fabricantes así lo reconocen y hacen una limitación expresa de sus responsabilidades), es importante tener controles redundantes (reloj y profundímetro) y tomar márgenes de seguridad conservadores. La computadora no se comparte, cada buceador tendrá que tener la propia.

### **Procedimientos en caso que falle la computadora**

Existen dos tipos potenciales de fallas, durante el buceo o durante el intervalo de superficie. Si falla durante el buceo, el buceador debe ascender directamente a superficie realizando una parada de seguridad de 3 minutos a 5 metros. Si la falla es durante un intervalo de superficie, puede ser realizado un único buceo sucesivo utilizándose el límite ajustado no-descompresivo de la computadora, si este hubiera sido registrado, o pueden realizarse buceos sucesivos siempre que la profundidad de estos no supere los 6 metros

## Cuchillo:

Es necesario para bucear en ciertas condiciones de visibilidad restringida o zona de pesca. Permite cortar tanzas, cabos abandonados o redes a la deriva que pudieran poner en peligro la vida del buceador. Debe estar hecho de un material inoxidable y el mango de preferencia de plástico. **En ciertos lugares su uso está prohibido. Consulte antes de llevarlo.** Viene en diferentes tamaños.



## Linterna:

En las inmersiones diurnas ayudan a ver en cuevas y en las rocas o zonas con poca luz, como el caso de los pecios. **En las inmersiones nocturnas son imprescindibles.** Viene en distintos tamaños y potencias, siendo hoy las de Led la de mejor performance para los buceadores por su durabilidad y bajo consumo de las baterías.



## Reel:

Contiene un cabo de gran longitud que permite al buceador orientarse en recorridos complejos en zonas confinadas como cuevas, cavernas o barcos hundidos.



Todo buceo en esas condiciones debe ser realizado por buceadores capacitados y certificados en esas especialidades de buceo.

## Pizarra subacuática:

Permite la comunicación escrita o gráfica bajo el agua con los compañeros.



## Bocina o Dive Alert:

Permiten llamar la atención mediante señales acústicas a un buceador para poder avisar o comunicarse a través de señas alguna información. Se conecta generalmente entre la manguera de baja presión que va al chaleco compensador y el comando del mismo



## Boya señalizadora de superficie:

Es un pequeño globo cilíndrico que puede medir desde 1 a 1,80 metros, confeccionados de PVC o de nylon y son de color naranja o verde fluorescente y se pueden inflar fácilmente con el aire comprimido de la botella mediante una exhalación del buceador en una válvula de inflado tipo pico de pato o a través de la abertura inferior de



la boya. Su función principal es marcar una posición del buceador en superficie para ser mejor distinguido, también se utiliza como soporte durante las paradas de seguridad en buceo recreativo y en paradas de descompresión en el caso de buceadores técnicos.

Hay algunos protocolos de buceo donde se determina una boya color naranja para situaciones normales y una amarilla para emergencias. Pero más allá de todo la importancia de éstas boyas señalizadora de superficie (BSDS) es que sea bien visible.

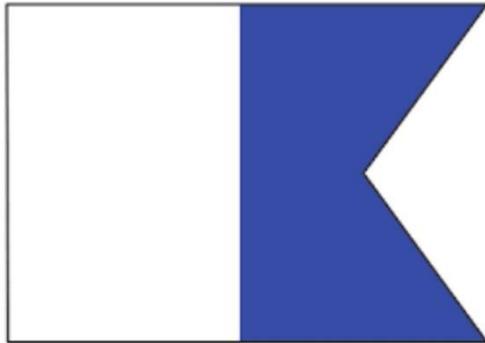


Se puede usar conjugado con un reel o con un pequeño carrete llamado spool.

## Boya de inmersión y bandera Alfa

Son dispositivos de señalización de superficie que indican que hay una operación de buceo en la zona y busca proteger a los buceadores para que las embarcaciones ajenas a la operación pongan en riesgo la seguridad de los buceadores.

Debe tener la bandera Alfa reglamentaria (azul con blanco) que es una bandera que significa “Tengo un buzo sumergido.



**Bandera " Alfa"**

Manténgase alejado y reduzca velocidad.” y está en el Código Internacional de Señales de la OMI (Organización Marítima Internacional) y siempre tiene que estar unida a un flotador o izada en la embarcación, claramente visible desde todas las direcciones.

Para mayor información, debemos saber que a pesar de no ser



**Bandera " Buceo recreativo"**

reglamentaria por no estar en el Código Internacional de Señales de la OMI (Organización Marítima Internacional), la bandera más usada es la bandera del buceador recreativo. Es una bandera roja con una banda diagonal blanca, aunque es la más utilizada internacionalmente como

identificación del buceo recreativo, no es válida como aviso para la navegación,

Como precaución, siempre se debe ascender a la superficie dentro de un radio de 50 m. de la bandera Alfa de buceo, o cerca de un arrecife o pared, si las hay.

Si se desea ascender a la superficie, lejos de la bandera alfa se debe hacer con una boya señalizadora de superficie (BSDS) que el Divemaster siempre deberá tener con su equipo.

Durante el ascenso se recomienda escuchar cualquier tipo de sonido que podamos interpretar como de algún motor de embarcaciones y consecuentemente frenar al ascenso hasta que desaparezca. Como regla, usaremos la salida de seguridad en cada ascenso, donde el buceador irá observando hacia la superficie y con un brazo con la mano en puño extendida sobre la cabeza hasta verificar en superficie que no haya nada que nos pueda golpear o lastimar. Muchas veces pasan embarcaciones a vela o canoas que son insonoras pero pueden ocasionar un daño.

# Anotaciones:

# Anotaciones:

# ■ Fisiología de Buceo

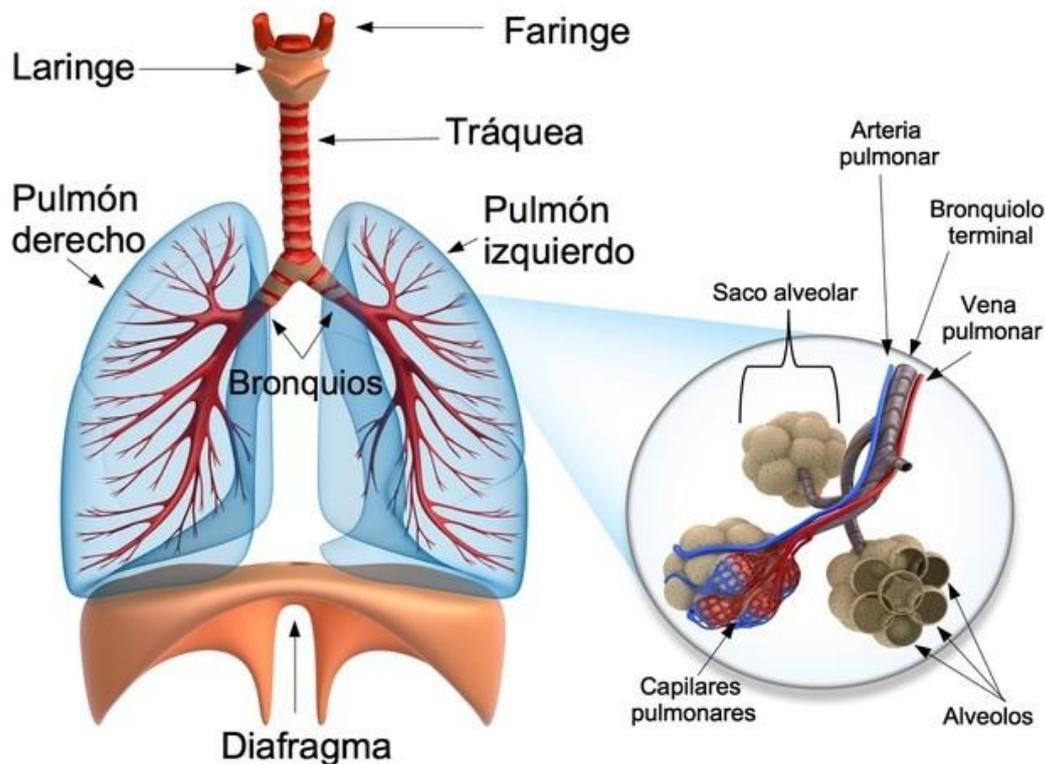
Es muy importante como Divemaster revisar los conocimientos conocer sobre el funcionamiento de nuestro sistema respiratorio, ya que saber cómo respirar durante la inmersión es una de las destrezas más importantes. **Teniendo en cuenta que al sumergirnos la respiración es pensada, ya que el patrón respiratorio es con énfasis en la exhalación para una correcta eliminación del Dióxido de Carbono (gas producido por el metabolismo celular) y consecuentemente una correcta inhalación.**

## ■ Sistema respiratorio

El sistema respiratorio es el conjunto de órganos encargados de la expulsión de dióxido de carbono y la entrada de oxígeno al organismo. Este proceso se conoce como respiración.

Los seres vivos necesitan del oxígeno para realizar sus funciones, y, a la vez, producen compuestos que deben ser eliminados, como el dióxido de carbono. Es por esto que el sistema respiratorio y el sistema circulatorio tienen una interacción estrecha en el intercambio de gases.

## Partes del sistema respiratorio



Los órganos del sistema respiratorio y los alveolos.

El sistema respiratorio está formado por las vías aéreas, los pulmones y los músculos respiratorios.

### Vías aéreas

Las vías aéreas o tracto respiratorio comprenden los órganos que permiten el paso del aire hacia los pulmones. Estos órganos comprenden cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea y bronquios.

### Cavidad nasal

Es la zona interior de la nariz. Su función principal es calentar, humedecer y filtrar el aire al inspirar. También en la cavidad

nasal se encuentra el sentido del olfato, que nos permite distinguir los olores que nos rodean.

## Faringe

Es la vía de conexión entre la cavidad nasal y la cavidad oral. Se encuentra detrás de la boca y conduce el aire hasta la laringe. En la parte que se conecta a la nariz, se llama nasofaringe; en la que conecta con la boca, se llama orofaringe.

## Laringe

Se encuentra entre la faringe y la tráquea. Una forma fácil de aprender cuál viene primero, si la laringe o la faringe, es siguiendo el orden alfabético: F está antes que la L. Por lo tanto, faringe viene antes de laringe.

La principal función de la laringe es impedir la entrada de comida o líquidos hacia la tráquea. También es importante en la producción de sonidos: allí es donde se encuentran las cuerdas vocales.

## Tráquea

Se encuentra ubicada delante del esófago y es un cilindro rígido que deja pasar el aire desde la laringe hasta los bronquios. La rigidez de la tráquea se debe a anillos de cartílago, el mismo material que le da la estructura a las orejas y a la punta de la nariz.

Este cartílago no es tan fuerte como el hueso, pero ayuda a que

el tubo de la tráquea se mantenga abierto y no se aplaste, lo que permitiría el paso de aire.

La tráquea de los humanos mide entre 10 y 12 cm de largo y 2 cm de ancho. Está recubierta de una sustancia mucosa y unos pelitos o cilios que ayudan a atrapar las partículas extrañas que escaparon al filtrado de la nariz.

## Bronquios

La tráquea se divide en dos tubos que se dirigen cada uno a un pulmón: estos son los bronquios, los cuales, a su vez, continúan dividiéndose como las ramas de un árbol dentro de los pulmones, formando los bronquiolos.

## Pulmones

Son los dos órganos mayores dentro de la caja torácica, uno a cada lado del corazón. Son diferentes, el pulmón derecho se separa en tres lóbulos por dos fisuras y el izquierdo, en dos lóbulos. Tienen un aspecto esponjoso y elástico, por lo que pueden variar su volumen durante los procesos de inspiración y expiración.

Dentro de los pulmones, los bronquios van dividiéndose hasta llegar a los bronquiolos terminales cuyas puntas terminan en unos racimos. Estos son los alveolos.

Asimismo, los pulmones están rodeados por una membrana o tela, llamada pleura.

## Alveolos

Los alveolos son las unidades funcionales del sistema respiratorio. Son bolsas pequeñas parecidas a burbujas que se encuentran al final de todas las bifurcaciones de los bronquiolos. Estos sacos tienen el espesor de apenas una célula, y están bordeados por capilares, permitiendo el contacto directo con la sangre.

Es en los alveolos donde se produce el intercambio de oxígeno externo por dióxido de carbono interno. En el pulmón de los seres humanos hay alrededor de 300 millones de alveolos, cada uno con un tamaño de 0,3 mm.

## Músculos respiratorios

Los músculos respiratorios están constituidos por el diafragma y los músculos intercostales. Gracias a ellos los pulmones se llenan y vacían de aire.

## Diafragma

Es el músculo que se encuentra en el piso de la cavidad torácica, separándola del abdomen. Sobre él se asientan los pulmones.

Cuando el diafragma se contrae, actúa como el émbolo de una jeringa cuando jalamos para succionar un líquido. En este caso, el aire es succionado al interior de los pulmones.

## Músculos intercostales

Estos son los músculos que están entre las costillas, los huesos

que forman la caja torácica. El movimiento de estos músculos permite que las costillas se muevan hacia arriba, así los pulmones pueden expandirse al entrar el aire.

## **Mecanismo de la respiración**

La ventilación pulmonar comprende la entrada y salida de aire del organismo a través de la inspiración y la expiración.

El mecanismo de la respiración o ventilación pulmonar ocurre cuando el aire entra por la nariz y pasa a la cavidad nasal. Luego sigue por la faringe y la laringe hasta la tráquea y llega a los bronquios. De aquí se distribuye por los pulmones hasta el final de las ramificaciones, donde el oxígeno se difunde a la sangre, y el dióxido de carbono pasa a los alveolos. Finalmente, el aire es expulsado cuando los músculos respiratorios se relajan.

Podríamos decir que la ventilación pulmonar tiene dos etapas: inspiración y expiración.

## **Inspiración**

La inspiración o inhalación es la fase activa de la respiración pulmonar. Ocurre cuando se contrae el diafragma y los músculos intercostales, empujando el tórax hacia abajo y hacia afuera. Esto produce un aumento en la capacidad torácica y, como consecuencia, la expansión de los pulmones y la disminución de la presión dentro del tórax.

El aire entra en los pulmones cuando la presión intrapulmonar es menor que la presión atmosférica (760 mmHg). En cada inspiración, entra aproximadamente medio litro de aire, del cual 150 ml se quedan en las vías aéreas. Como en estas vías no se produce el intercambio de gases, se habla de espacio anatómico muerto.

## Expiración

La expiración es un proceso pasivo en reposo que sigue a la inspiración, con la reducción de la capacidad torácica y el aumento de la presión intrapulmonar. Esto provoca la expulsión del aire de los pulmones.

## Intercambio de gases en la respiración

**El oxígeno y el dióxido de carbono atraviesan la barrera entre la sangre y el alveolo por difusión.**

El intercambio de oxígeno y dióxido de carbono se produce a través de las paredes de los capilares y de los alveolos. El movimiento se hace por difusión pasiva, esto es, los gases se mueven desde donde hay una mayor presión a una menor presión. Para esto, no se requiere de energía.

El oxígeno que entra a los pulmones está a una presión de 100 mm Hg, mientras en la sangre capilar está a 40 mm Hg. Por eso, el oxígeno fluye desde el espacio alveolar hasta el glóbulo rojo.

Por otro lado, el dióxido de carbono difunde mucho más rápido por los tejidos por su mayor solubilidad. Cuando el glóbulo rojo

llega cargado de dióxido de carbono a los pulmones, el dióxido de carbono pasa al espacio alveolar donde la presión de este gas es mucho menor.

## ¿Cuáles son los mecanismos de defensa del sistema respiratorio?

Dentro de la cavidad nasal, los pelos, cilios y moco atrapan el polvo y pequeñas partículas, filtrando el aire que entra a los pulmones.

Las partículas que se depositan en los bronquios, son barridas hacia afuera por los cilios y el moco de las paredes, y pasan a la garganta donde pueden ser tragadas o expectoradas.

Las partículas que llegan a los alveolos son atrapadas por células del sistema inmunitario.

## Mecanismos regulatorios del sistema respiratorio

La respiración está bajo control voluntario e involuntario en ciertas condiciones. El proceso automático es controlado por los centros respiratorios en el tallo encefálico y la médula. Sin embargo, cuando contenemos la respiración o nos hiperventilamos, es la corteza cerebral la que está a cargo.

En momentos que sentimos miedo o rabia son el hipotálamo y el sistema límbico los que alteran nuestro patrón de respiración.

La presión parcial del dióxido de carbono en la sangre es el factor más importante en el control de la respiración. La

respuesta de ventilación disminuye si se reduce la presión de dióxido de carbono.

## Problemas respiratorios

**Hipoxia:** ocurre cuando hay un bajo nivel de oxígeno en la sangre.

**Hipercapnia:** es un aumento del dióxido de carbono en la sangre. Asfixia: impide la ventilación pulmonar por una obstrucción en la vía aérea.

**Intoxicación con CO (monóxido de carbono):** El CO impide el paso del oxígeno hacia la sangre, ya que ocupa su lugar en la hemoglobina, y produce desmayo y muerte.

## ■ Sistema circulatorio.

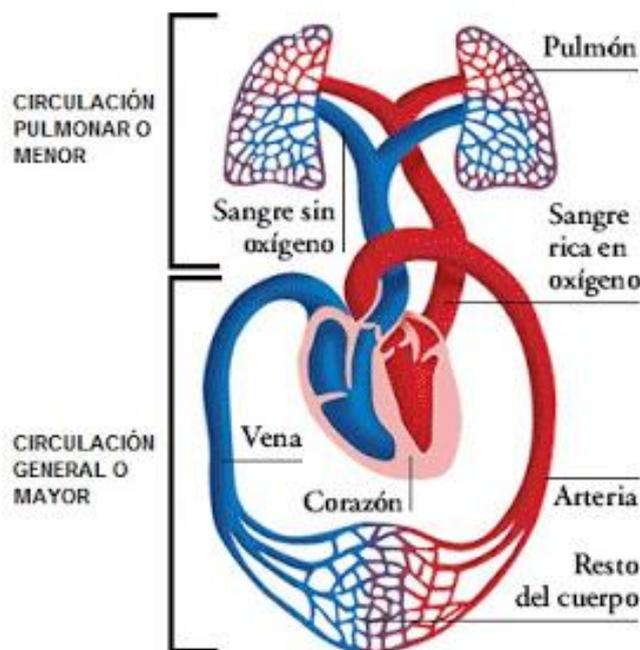
El sistema circulatorio se encarga de bombear, transportar y distribuir la sangre por todo el cuerpo. Se integra con el corazón y los vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares.

El corazón es una bomba muscular y se considera el centro del sistema circulatorio. Las arterias transportan sangre oxigenada y con nutrientes desde el corazón hasta los tejidos, mientras que las venas llevan sangre poco oxigenada en dirección del corazón (las arterias y venas pulmonares son la única excepción a esta regla). Los capilares son el sitio donde tiene lugar el intercambio de nutrientes y gases entre la sangre y los tejidos.

La estructura de los vasos sanguíneos es muy importante para posibilitar sus funciones. La pared de los vasos sanguíneos es tubular, flexible y adaptable a ciertas condiciones fisiológicas, ya sea que produzca vasodilatación o vasoconstricción.

Desde un punto de vista anatómico, el sistema circulatorio se divide en un circuito mayor o sistémico y otro menor o pulmonar ambos se originan en el corazón y consisten en vasos sanguíneos que se dirigen hacia todo el cuerpo y los pulmones, respectivamente.

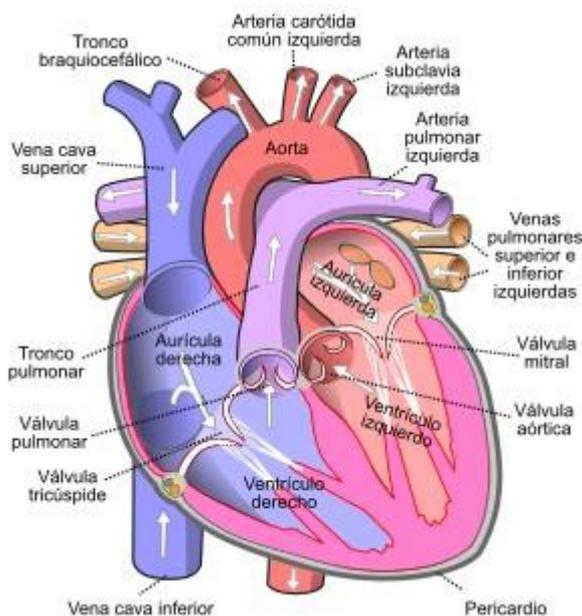
El circuito mayor o sistémico transporta sangre oxigenada a través de arterias desde el corazón hasta los tejidos y la regresa desoxigenada (concentraciones elevadas de dióxido de carbono) a través de venas de nueva cuenta al corazón. En cambio, el circuito pulmonar transporta sangre desoxigenada mediante las arterias desde el corazón hasta los pulmones y devuelve sangre oxigenada a



través de las venas otra vez al corazón. Esta aparente paradoja resulta de un concepto anatómico de acuerdo al cual todos los vasos que se originan en el corazón son arterias y todos los que llegan a él son venas, cualquiera que sea la saturación de oxígeno en la sangre y a pesar de que etimológicamente la palabra *arteria* significa “que lleva aire”.

También es importante el concepto de sistema porta, que se refiere a una red de vasos sanguíneos (arteriales o venosos) que llevan sustancias de un lugar a otro sin pasar por el corazón. Son ejemplos el sistema porta hipofisario y el sistema porta hepático.

## El corazón



El corazón es un órgano muscular de cuatro cámaras que se localiza en el mediastino medio de la cavidad torácica y lo recubre el pericardio visceral. Su función es impulsar la sangre de los ventrículos al cuerpo y los pulmones, así como recibirla en las aurículas derechas e izquierda, respectivamente.

Las aurículas y los ventrículos están separados por un esqueleto fibroso y se comunican entre sí a través de orificios que poseen válvulas. La sangre pasa a través de una válvula antes de salir de cada cavidad del corazón. Las válvulas actúan como entradas

de sangre de una sola vía de un lado del ventrículo, y como salidas de sangre de una sola vía del otro lado del ventrículo. Las válvulas normales tienen tres aletas (valvas), excepto la válvula mitral, que sólo tiene dos.

## Sangre

La sangre es un tejido líquido que recorre el organismo, a través de los vasos sanguíneos, transportando células y todos los elementos necesarios para realizar sus funciones vitales. La cantidad de sangre está en relación con la edad, el peso, sexo y altura. Un adulto tiene entre 4,5 y 6 litros de sangre, el 7% de su peso.

## Qué funciones cumple

Como todos los tejidos del organismo la sangre cumple múltiples funciones necesarias para la vida como la defensa ante infecciones, los intercambios gaseosos y la distribución de nutrientes.

Para cumplir con todas estas funciones cuenta con diferentes tipos de células suspendidas en el plasma.

Todas las células que componen la sangre se fabrican en la médula ósea. Ésta se encuentra en el tejido esponjoso de los huesos planos (cráneo, vértebras, esternón, crestas ilíacas) y en los canales medulares de los huesos largos (fémur, húmero).

La sangre es un tejido renovable del cuerpo humano, esto quiere decir que la médula ósea se encuentra fabricando, durante toda la vida, células sanguíneas ya que éstas tienen un tiempo

limitado de vida. Esta “fábrica”, ante determinadas situaciones de salud, puede aumentar su producción en función de las necesidades.

Por ejemplo, ante una hemorragia aumenta hasta siete veces la producción de glóbulos rojos y ante una infección aumenta la producción de glóbulos blancos.

## Composición de la sangre

Los glóbulos rojos transportan el oxígeno de los pulmones hacia los tejidos y captan el anhídrido carbónico producido en los tejidos que es eliminado luego por las vías respiratorias.

Los glóbulos blancos defienden al organismo contra las infecciones bacterianas y virales.

Las plaquetas impiden las hemorragias, favoreciendo la coagulación de la sangre.

El plasma además de servir como transporte para los nutrientes y las células sanguíneas, contiene diversas proteínas (inmunoglobulinas, albúmina y factores de coagulación)

## La sangre y el buceo

Es importante entender que pasa con los gases a alta presión que respiramos durante el buceo. **De los gases contenidos en la mezcla gaseosa de aire, tenemos al oxígeno como gas vital en un porcentaje aproximado de un 21%, al nitrógeno como gas**

inerte en un porcentaje del 78% y a los otros gases como dióxido de Carbono, argón, neón, etc. representando el 1% restante.

Esos gases tiene distintas células sanguíneas y tejidos donde se van a disolver. Por ejemplo en principio el oxígeno normobárico se va a combinar químicamente en la hemoglobina de los glóbulos rojos y se disolverá físicamente pero en menor porcentaje en el plasma sanguíneo. El dióxido de carbono es transportado en la sangre de tres maneras: disuelto en el plasma, en forma de bicarbonato y combinado con proteínas de la hemoglobina.

El  $\text{CO}_2$  disuelto al igual que el oxígeno obedece la Ley de Henry, pero el  $\text{CO}_2$  es unas 20 veces más soluble que el  $\text{O}_2$ . Como resultado el  $\text{CO}_2$  disuelto ejerce un papel significativo en el transporte de este gas, ya que cerca del 10% del  $\text{CO}_2$  que pasa al pulmón desde la sangre se halla en su forma disuelta.

El nitrógeno se disuelve físicamente en la sangre, específicamente en el plasma y por diferenciales de presión entre la tensión de nitrógeno en el alveolo y la tensión de nitrógeno en el plasma sanguíneo cuando iniciamos el buceo y aumenta la presión parcial de nitrógeno en el pulmón al comenzar a respirar el aire comprimido. Luego de su ingreso por física, y ya dentro de la sangre comienza a disolverse también en los tejidos por diferenciales de tensión y es donde entra en juego la química también, ya que tejidos como los grasos tienen una gran afinidad por éste gas.

## ■ Fisiopatología de buceo

El ser humano está plenamente adaptado a la vida terrestre, y a pesar de tener rápidos procesos de aclimatación, la actividad subacuática la desarrollará en una condición ambiental “anormal”. El cuerpo del individuo al bucear se comporta como un “líquido” incompresible, sometido a presiones cambiantes y mayores a la cual está acostumbrado y además debe contar con suministro de aire indispensable, para la mantención de los procesos vitales. La mayor presión actúa en los primeros metros de su inmersión y sobre las cavidades neumáticas de su cuerpo, tanto las naturales como el oído, los senos paranasales, los pulmones, el intestino y estómago, las creadas por su mismo equipamiento como el visor y el traje seco, las que se producen en las piezas dentarias por tratamientos de las caries fundamentalmente y sobre la difusión de los gases respirados desde los pulmones a todo el organismo.

Vamos a discriminar las enfermedades o accidentes de acuerdo a su segmento de buceo, como ser del descenso o barotraumas y los relacionaremos con la ley de Boyle, del fondo o intoxicaciones relacionados con la ley de Dalton, del ascenso o descompresivos relacionados con las leyes de Boyle y de Henry respectivamente y aquellos que no están relacionados con la presión como la hipotermia, la hidrocución, la otitis del buzo, etc.

## Barotrauma

Un barotraumatismo, también conocido como barotrauma es el daño físico producido en el tejido blando que cubre los espacios aéreos del cuerpo (por ejemplo, en el oído medio o las cavidades sinusales) debido a la falta de compensación durante el descenso entre esos espacios y la presión ambiente. **No es causado por un exceso de presión en si misma sino por una falta de ecuilización.**

## Oído

El barotrauma del oído medio es la patología más frecuente. Las estadísticas internacionales al respecto, señalan que alrededor del 46% de los accidentes del buceo se relacionan con el oído medio. El problema comienza en los conductos que conectan estos espacios aéreos con la parte posterior de la garganta, por ejemplo el conducto que conecta la garganta con el oído medio se llama trompa de Eustaquio y el conducto que conecta los senos paranasales frontales y maxilares que son los más expuestos durante la inmersión se llama meato medio. Estos conductos mucosos cubiertos de membranas realizan dos funciones importantes para el cuerpo: humedecen el aire que se mueve a través de estos conductos conectores, y ayudan a proteger el cuerpo de materias extrañas como polen o bacterias produciendo una mucosidad protectora. Esta mucosidad atrapa dicha materia y permite que se transporte a la parte posterior de

la garganta, donde es tragada y destruida por el ácido del estómago. Una membrana mucosa que funcione con normalidad es un mecanismo de defensa extraordinario pero si hay un exceso de mucosidad por resfrío, sinusitis u otra patología, el aire que tiene que pasar libremente a través de éstos conductos y llegar al oído medio o a los senos paranasales, no ocurrirá confortablemente, por lo que estamos aquí expuesto a una lesión por diferenciales de presión.

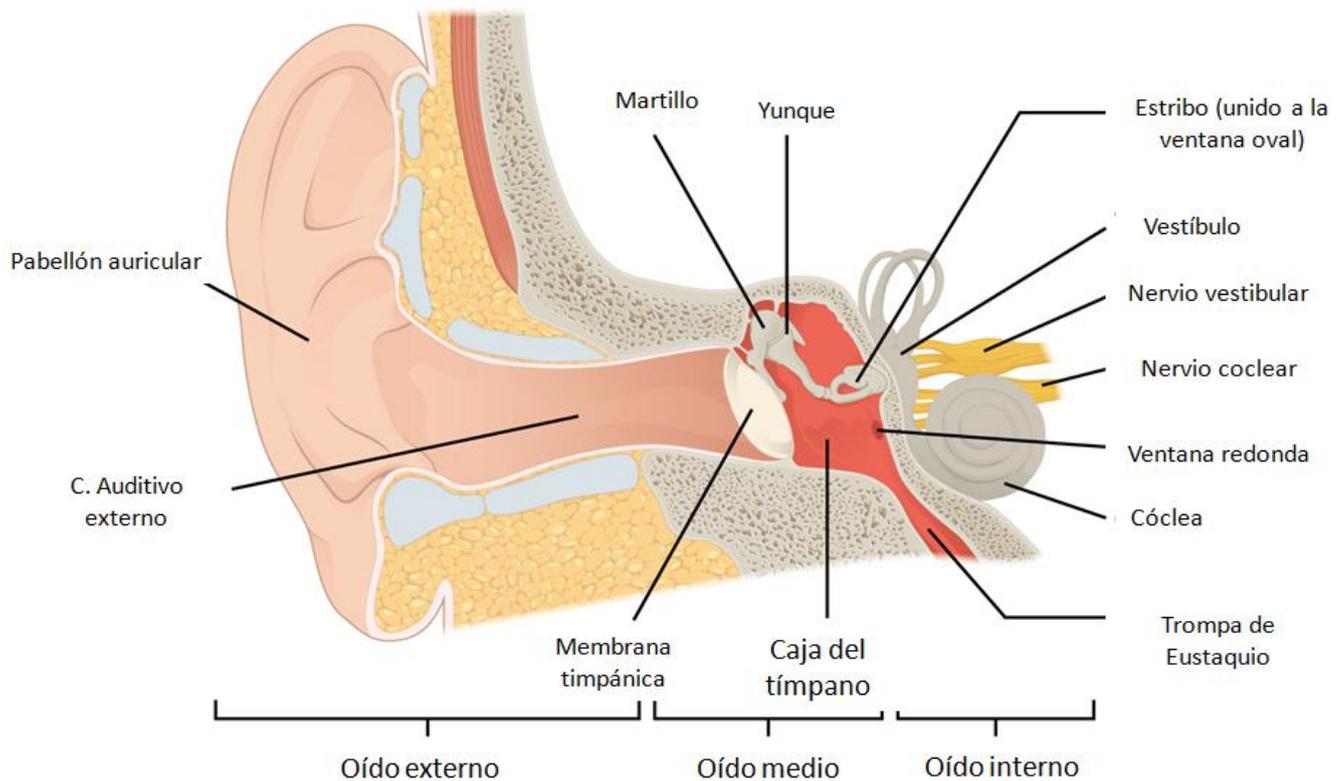
## Anatomía del oído externo

El oído externo, que incluye el pabellón de la oreja y el canal auditivo externo, está separado del oído medio por una estructura en forma de disco llamada membrana timpánica (tímpano).

El pabellón auricular se une a la cabeza mediante la piel y se compone principalmente de cartílago, y su función es ayudar a reunir las ondas sonoras y a hacerlas pasar por el canal auditivo externo.

Es importante entender que el sonido como onda mecánica que se traslada a través de la materia, impactará sobre la membrana timpánica haciéndola vibrar. Esa misma vibración, la membrana la transmitirá a los huesecillos del oído medio como el martillo, yunque y estribo que están conectados con el oído interno donde se comenzará a decodificar el sonido. Para que la membrana timpánica pueda vibrar libremente y hacer una traslación correcta de esa vibración debe tener siempre la misma presión en ambas

caras y no sufrir estiramientos ni internos ni externos, motivo por el cual debe tener siempre una comunicación con el ambiente para poder estar ecualizada. Internamente esa comunicación con el ambiente la otorga la trompa de Eustaquio. Su función es controlar la presión dentro del oído medio, para proteger sus estructuras ante cambios bruscos y equilibrar las presiones a ambos lados del tímpano, también está encargada de ventilar adecuadamente el oído medio.



## Anatomía del oído medio

El oído medio se encuentra excavado en el hueso temporal (hueso bilateral de la base del cráneo), en la denominada caja del tímpano.

El oído medio es una cavidad llena de aire que contiene tres huesecillos: martillo, yunque y estribo, los cuales se mantienen en su sitio y se mueven mediante articulaciones, músculos y ligamentos que ayudan a la transmisión del sonido.

En la pared que separa el oído medio del interno hay dos orificios pequeños, la ventana oval y la redonda. La base del estribo se asienta en la ventana oval, por donde se transmite el sonido al oído interno. La ventana redonda proporciona una salida a las vibraciones sonoras. La trompa de Eustaquio, de aproximadamente 1 mm de ancho y 35 mm de largo conecta el oído medio con la nasofaringe y su función es igualar la presión del oído medio con la de la atmósfera.

## Anatomía del oído interno

El oído interno se encuentra alojado profundamente en el hueso temporal y está formado por una serie de estructuras complejas que se encargan de la audición y el equilibrio del ser humano. La cóclea y los canales semicirculares constituyen el laberinto óseo. Los tres canales semicirculares (posterior, superior y lateral) intervienen en el equilibrio.

La cóclea es un tubo óseo también llamado caracol. El techo de la cóclea está revestido por la membrana vestibular y el suelo por la membrana basilar, en la cual descansa el órgano de Corti que es el responsable de la audición.

Dentro del laberinto óseo se encuentra el laberinto membranoso sumergido en un líquido llamado perilinfa. El laberinto

membranoso incluye utrículo, sáculo y conductos semicirculares, conducto coclear y órgano de Corti; contiene, además, un líquido llamado endolinfa.

## Que debemos recordarles a los buceadores durante el descenso

Durante el descenso en una inmersión, estaremos expuestos a un aumento de la presión ambiente que repercutirá principalmente en el oído, produciendo una presión sobre la parte externa de la membrana timpánica que impactará como un dolor que el buceador experimentará por el estiramiento hacia adentro de la misma.



Como buceadores debemos saber, que no es necesario sentir molestia o dolor para iniciar la maniobra de compensación

del oído medio, sino que la podemos realizar incluso antes de descender para ir abriendo la trompa de Eustaquio.

Esa maniobra llamada comúnmente maniobra de Valsalva (lleva el nombre del médico que la descubrió), implica pinzar los

orificios nasales y soplar aire suavemente sin dejarlo escapar ni por nariz ni por boca para que viaje directamente a través de la trompa de Eustaquio desde la nasofaringe al oído medio y restablezca las presiones con el oído externo manteniendo a la membrana timpánica en su lugar y evitando estiramientos o mismos desgarros de la misma además de ser muy dolorosas pueden dejar importantes secuelas.



## Otras Técnicas de compensación

### Maniobra de Toynbee

Se realiza manteniendo tapada la nariz y tragando al mismo tiempo. Las trompas de Eustaquio se abren momentáneamente, permitiendo que entre aire en el oído medio. Esta técnica puede utilizarse también para aliviar un apretón de oído.

### Maniobra de Frenzel

Este método atraumático para añadir aire al oído medio se consigue cerrando la nariz, la boca y la glotis voluntariamente, a la vez que se eleva la lengua hacia el paladar, que actúa como pistón realizando una compresión de aire en las cavidades nasales a través de las trompas de Eustaquio.

### Bostezar y tragar

Esta simple maniobra se realiza moviendo la mandíbula inferior hacia delante y abriéndola ligeramente. Al mismo tiempo, se mantienen los labios presionando el regulador y tragando.

### Inclinación de la cabeza

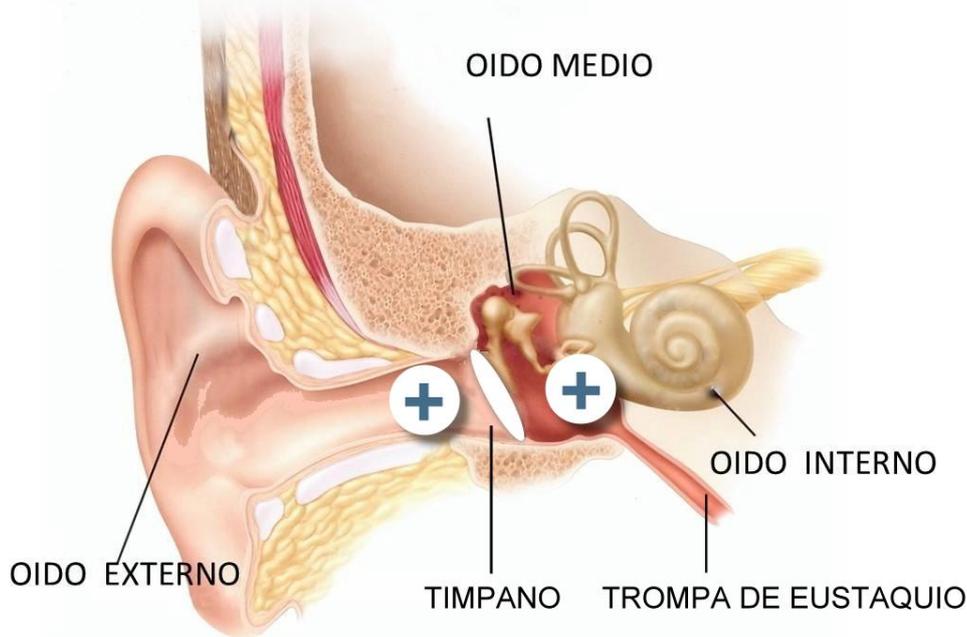
Muchos buzos se dan con el caso de que compensan más fácilmente de un oído que de otro. Al inclinar la cabeza para que el oído “malo” esté hacia arriba, el estiramiento de la apertura de la trompa de Eustaquio hará que sea más fácil compensar.

## Donde radica el problema durante el descenso

Si la trompa de Eustaquio está libre de mucosidades o sin inflamación de su mucosa, el buceador podrá realizar las

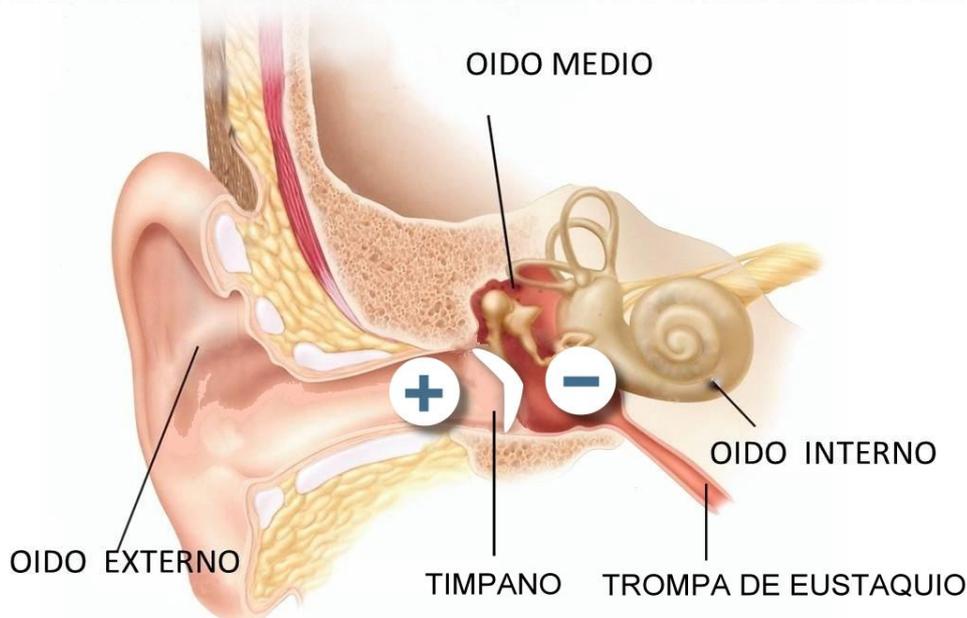
PRESIONES COMPENSADAS ENTRE EL OIDO EXTERNO E INTERNO

maniobras de compensación y el aire fluirá sin problemas estando confortable durante el descenso.



PRESIONES NO COMPENSADAS ENTRE EL OIDO EXTERNO E INTERNO

Caso contrario, si hubiera obstrucciones, el aire no pasará y el buzo no podrá compensar y sentirá molestias que no lo dejarán realizar la inmersión.

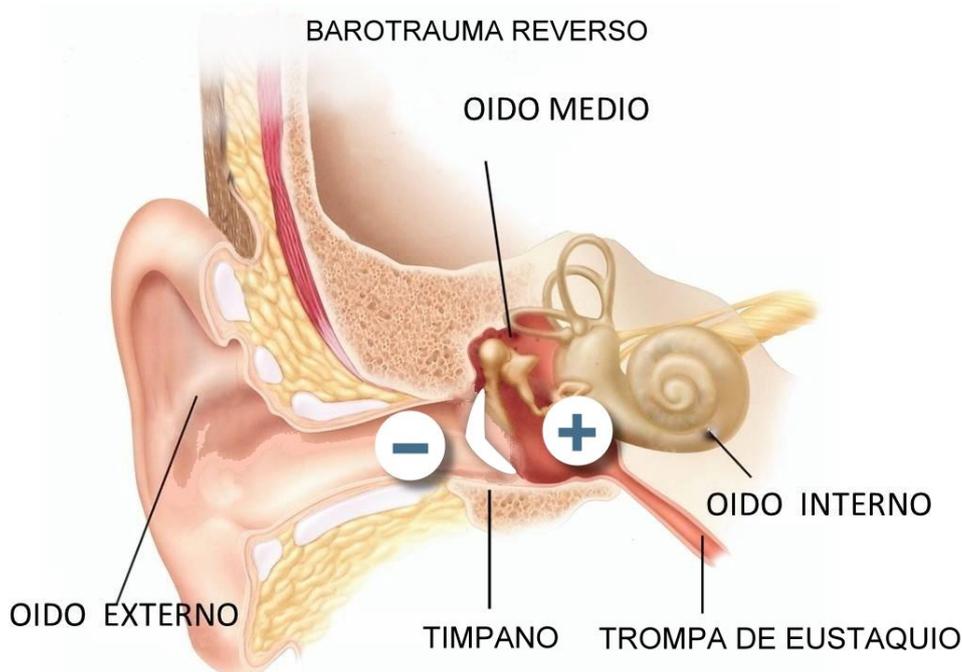


En el caso de seguir bajando, se forzará la membrana timpánica hasta un punto donde puede perforarla y permitir el ingreso de agua en el interior del oído medio. Además de un fuerte dolor, el buzo experimentará vértigo y desorientación y tendrá que ser atendido con urgencia por un especialista.

## Barotrauma reverso

Es importante entender que si nos cuesta equalizar pero lo hacemos lentamente para poder bajar, cuando comencemos el ascenso al final del buceo, también lo tendremos que hacer muy lentamente para permitir que el aire dentro del oído medio pase a través de la trompa de Eustaquio hacia la nasofaringe para ser

eliminado y no se expanda y empuje la membrana timpánica de adentro para afuera produciendo dolor y hasta el desgarro de la misma con la consecuente entrada de agua al oído medio como



explicamos anteriormente.

## Recomendaciones

El barotrauma no sólo es la lesión más común en el buceo, sino que también se puede evitar. Los consejos más fáciles para evitarlo y que los Divemaster debe recomendar incluyen:

No bucear resfriado o si no logra compensar los oídos en superficie.

No bucear con tapones ni capuchas muy apretadas que no dejen ingresar agua al conducto auditivo externo.

Para conseguir una ventaja inicial, compensé los oídos antes de entrar en el agua y bajar por una línea de amarre para controlar la velocidad de descenso con más precisión y que sea más fácil parar si tenemos problemas para compensar.

Desciende en posición vertical, con la cabeza hacia arriba, ya que será más fácil compensar. Hay estudios que demuestran que la maniobra Valsalva requiere de un 50% más de fuerza cuando se está boca abajo.

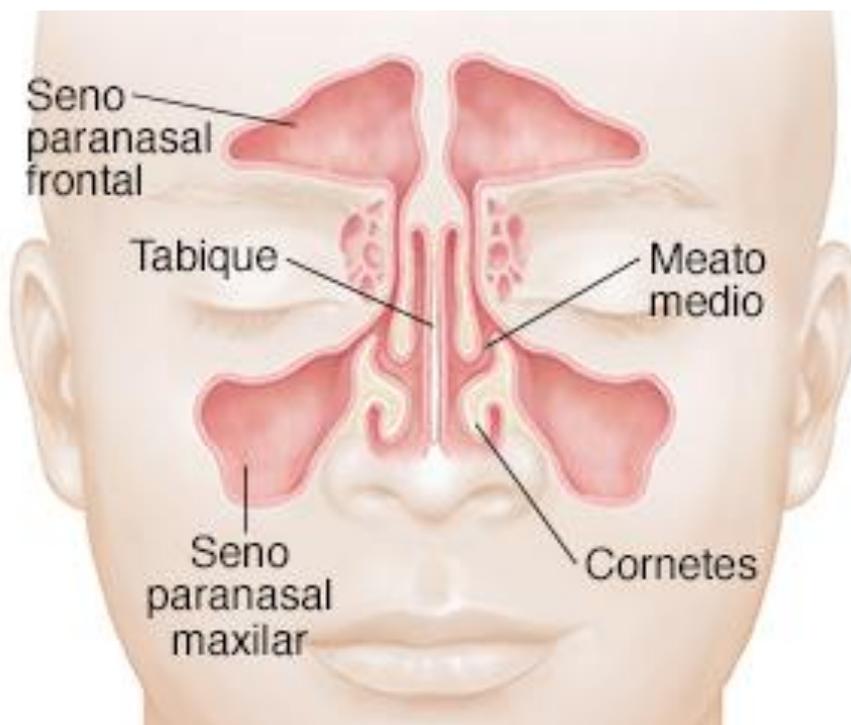
Si ya no es capaz de compensar, detenga el descenso inmediatamente. Ascienda unos 50cm e inténtalo de nuevo. Si es capaz de compensar sin sufrir dolor, continúe despacio. Si el problema reaparece, siga el mismo procedimiento. Si el problema persiste, aborte la inmersión.

Bucea sólo con medicación anticongestiva\* si mejora la compensación (no si la necesitas para poder compensar) y si ya

la has probado en tierra sin presentar ningún efecto secundario.

## ■ Senos paranasales

Los senos paranasales son un conjunto de cavidades aéreas que se encuentran incrustadas en los huesos frontales, esfenoides, etmoides, y maxilar superior. Se comunican con las fosas nasales y ayudan a aligerar el peso del cráneo que de otra forma sería demasiado pesado. Además. Tienen la función de calentar y humedecer el aire aspirado, secretar moco, servir de caja de resonancia de la voz y expulsar o desechar cuerpos



extraños que penetran en la inhalación. Los senos más implicados en el buceo son los frontales y maxilares que se comunican con las fosas nasales a través de un orificio llamado meato medio.

Durante el descenso, el aire comprimido que el buceador comienza a respirar fluye a zonas de menor presión de forma rápida y compensa de esa forma las presiones internas con la ambiente. Si en éste caso, las mucosas de los meatos están con

mucosidad o inflamación, el aire se verá imposibilitado de llegar a las cavidades y como resultado se producirá un efecto ventosa o squeeze dentro de los senos que se manifestará como un dolor punzante y bien localizado que irá en aumento si se continúa descendiendo. Por lo cual se aconseja detener el buceo para darle tiempo a la compensación o desistir si persiste la molestia.

En el caso de que el buceador siga descendiendo, ese efecto ventosa dentro del seno no compensado además del dolor, seguramente ocasionará una lesión en la mucosa que los reviste, llenándose de sangre, mucosidad aspirada durante el efecto ventosa y algo de aire que pudo haber pasado también.

Ya en esa instancia el dolor disminuye ya que el seno se ha compensado. Durante el ascenso la presión interna del seno es mayor que la ambiente y todo lo contenido dentro, comienza a buscar zonas de menor presión por lo cual comienza a drenar desde el seno hacia la cavidad nasal, sangre y mucosidad que quedará en la base de la nariz en la cavidad del visor. Si bien éste episodio no reviste gravedad, sería importante determinar en el caso de que el buceador haya tenido sucesos anteriores similares, que se someta a un estudio para saber la causa, ya que en general las alergias o la sinusitis son causantes principales de éste problema

Si bien en general la comunidad de buceo no ha definido una forma de compensar los senos paranasales, muchos profesionales han reportado que la maniobra de Valsalva

también les representa una ayuda para compensarlos.

Las recomendaciones generales para evitar el barotrauma son en su mayoría las mismas que las del oído descritas anteriormente.

## Barodontalgia

La barodontalgia se produce ante cambios repentinos de presión atmosférica, tanto si esta aumenta como si desciende. Esta patología es habitual que se produzca en ambientes hiperbáricos, y son más frecuentes en aquellas personas que tienen caries, las encías inflamadas o empastes.

Entre las numerosas partes que forman los dientes encontramos la cámara pulpar. Es un tejido muy irrigado (muchos capilares sanguíneos) e inervado (muchas terminaciones nerviosas) que se encuentra en el interior de los dientes. Las paredes de esa cámara cerrada no son elásticas, lo que provoca que al aumentar o disminuir la presión atmosférica la pulpa no sea capaz de adaptarse a ese cambio de presión y equilibrar su presión interna con la externa, causando dolor agudo y, en algunas ocasiones, puede provocar el estallido de los dientes, lo que llevaría a la pérdida de esa pieza.

En las piezas con caries durante la inmersión, ese tejido carioso se llena de aire a presión. Al ascender, este aire aumenta de volumen pudiendo ocurrir que no salga con la

suficiente rapidez. El aire presiona contra las terminaciones nerviosas de la pieza produciendo dolor, debido a que ha quedado atrapado en la cavidad del diente que no puede salir.

En ocasiones las piezas que presentan obturaciones (empastes), pueden contener alguna pequeña burbuja de aire en su interior. Los cambios de presión y volumen experimentados por este aire durante la inmersión podrían originar compresión sobre el tejido nervioso dental lo que unido a otros factores como el descenso de temperatura o el posible embolismo en la pulpa dental sería causa de barodontalgia.

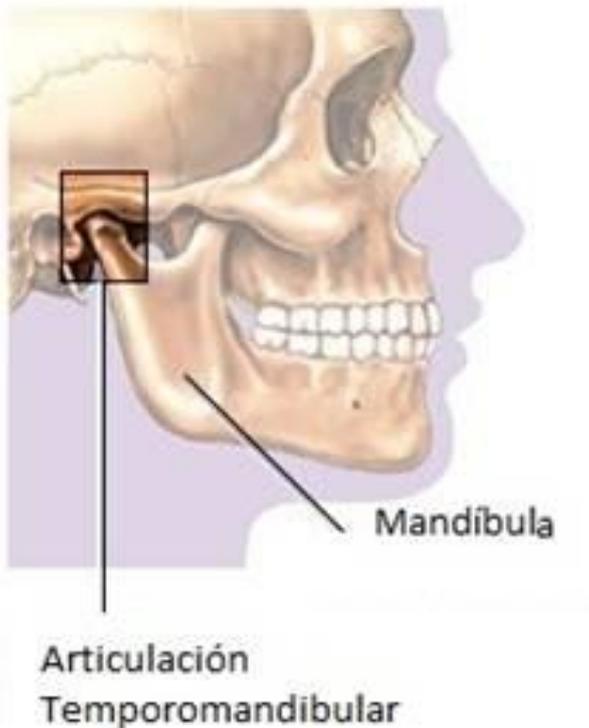


Además, durante la descompresión que se produce en el ascenso, el aumento de volumen de aire que pudiera haber quedado atrapado en el interior de la pieza dentaria durante la inmersión, podría dar lugar a la rotura del diente, especialmente si ésta no se encuentra en perfecto estado. Esto se conoce como odontocrexia.

## El buceo y la inflamación temporomandibular (ATM)

Cuando la presión con la que se muerde la boquilla del regulador es excesiva puede producir mialgias o dolor en los músculos masticatorios y en las piezas dentales que sostienen el regulador.

A su vez, la posición mantenida con la boca abierta y mordiendo el regulador puede en pacientes con problemas de ATM provocar dolor articular.



No olvidemos que debido a la proximidad de dicha articulación con el conducto auditivo es frecuente que los pacientes con problemas articulares acusen y refieran dolor de oídos. La otalgia y la patología dental están muy unidas por la rica inervación que llevan un recorrido común y compartido en esa zona y por tanto un

estímulo doloroso que nace en la boca puede irradiarse al oído y viceversa.

## Barotrauma de visor

Como ocurre con los espacios aéreos de los senos paranasales y los oídos, el espacio aéreo de la máscara también debe ser ecualizado a medida que descendemos. Si al descender no se compensa exhalando aire progresivamente dentro de la máscara a través de la nariz, se puede crear una presión negativa o squeeze en ese espacio aéreo.

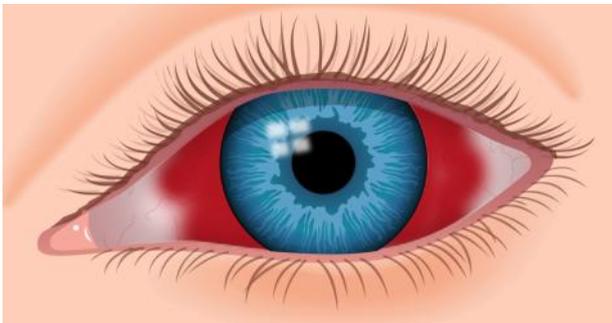
Esto puede causar distintos grados de barotrauma facial, provocando una lesión en los tejidos blandos de la cara que se



encuentran dentro de la máscara. Los tejidos blandos bajo la máscara, y especialmente alrededor de los ojos, se hinchan (edema periorbitario) y cambian el color, y se manifiesta como enrojecimiento, moretón o magulladuras (equimosis). También afectará al globo ocular produciendo roturas capilares y derrames, ya

que se rompen los pequeños y delicados vasos sanguíneos que están debajo del tejido que cubre la parte blanca del ojo (conjuntiva), provocando el enrojecimiento de los ojos, lo

que se llama comúnmente hemorragia subconjuntival.



Una hemorragia subconjuntival es benigna, no causa problemas de la visión ni malestar significativo en el ojo a pesar de su apariencia llamativa.

Los signos y síntomas del barotrauma de máscara pueden tardar varios días para desaparecer, ya que se deberán reabsorber la sangre y el edema.

## Por qué se puede producir

Este barotrauma se da en principio en buzos novatos que no tienen aún una correcta adaptación al medio y no pueden discernir claramente sobre las distintas sensaciones a las que están expuestos al iniciar sus buceos. También, como muchos buceadores no se encuentran cómodos con el vaciado de visor y ante la eventual entrada de agua durante un buceo, se ajustarán de tal modo la máscara, imposibilitando la exhalación de aire durante el descenso y ayudando a que se produzca el barotrauma. Aunque muchas veces la máscara tiene tan buen sellado a la cara que aunque no esté ajustada, dificulta la ecualización.

## Cómo evitarlo

Debemos entender primero algunos puntos. La parte más importante del buceo es la entrada al agua y el descenso, debido

a que es el inicio del cambio de medio, impacto de nuevas emociones, frío, cambios respiratorios, compresión general, cambios en la visibilidad entre el aire y el agua y la ausencia general de sonidos.

Estos cambios producen stress, por lo tanto es probable que no podamos tener la adaptación correcta a todas las variables a la que el buceo nos expone y algunas pasen por alto a pesar de las alarmas de molestias o dolor.

Por lo cual, recomendamos que dentro de los parámetros de una operación de buceo que nos tenga como participantes, podamos tomarnos los tiempos necesarios para sentirnos cómodos.

Primeramente con el grupo de buzos o dupla, con el equipamiento a utilizar, donde es recomendable que usted conozca su equipo y en éste caso su visor, donde no haya necesidad de ajustarlo en demasía y que lo haya vaciado la cantidad de veces necesarias para que esté automatizada la destreza y se sienta confiado con el tipo de buceo que va a realizar. **Demos importancia a la forma de descenso, ya que de ella dependerá que mayor o menor impacto tendremos y nos brindará los tiempos necesarios para nuestras compensaciones de oído, senos paranasales y máscara. Descienda por un cabo hasta que comience a sentirse cómodo para utilizar otros tipos de descenso.**

## ■ Barotrauma o colapso de los pulmones

Durante el buceo autónomo, cada vez que respiramos a través del regulador llega aire a presión ambiente y los pulmones quedan automáticamente compensados, por lo que no se necesita ninguna maniobra para equalizarlos. Por otro lado, en las situaciones de buceo en apnea o pulmón podemos sufrir un "colapso pulmonar" también conocido como como barotrauma pulmonar del descenso, el cual puede definirse como daños o lesiones a los pulmones como consecuencia de los efectos del aumento de la presión ambiental sobre los espacios aéreos cerrados, en los pulmones, durante el buceo en apnea.

Para bucear en apnea con seguridad, debe establecerse una profundidad límite donde el efecto de compresión en los pulmones no exceda al de la reducción del volumen pulmonar residual (que es el aire que queda en el pulmón después de una expiración forzada y evita que sus paredes se colapsen) que generalmente es de entre el 20 y 25% del volumen pulmonar total después de cada inhalación y que se alcanzaría entre los 35 a los 45 metros de profundidad. De todas formas, el cuerpo humano tiene una gran capacidad de adaptación, que hace que apneístas de alto rendimiento superen esa profundidad en algunos casos holgadamente, llegando a más de 200 metros de profundidad.

## Barotrauma del estómago y del intestino

El estómago y el intestino son cavidades flexibles que tienen aire. Ese aire se ingiere con la comida o se genera al fermentar la comida. Si la cantidad de aire presente es pequeña, la variación de su volumen en la inmersión no crea problemas, pero si la cantidad es grande (por ejemplo cuando se ha comido alubias o legumbres), podrían aparecer dolores intestinales (el llamado cólico del buzo) durante la salida a causa de la expansión de los gases.

La única solución en estos casos es esperar a ver si el aire llega a estabilizarse disminuyendo la acción de la presión, o dejarlo salir libremente.

## ■ Intoxicaciones gaseosas durante el buceo.

Muchos problemas durante el buceo pueden ser consecuencia de los efectos tóxicos de gases como nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapores de aceite y monóxido de carbono.

El aire es una mezcla de gases, principalmente nitrógeno y oxígeno con muy pequeñas cantidades de otros gases. Cada gas tiene una presión parcial, en función de su concentración en el aire y de la presión atmosférica. Tanto el oxígeno como el nitrógeno pueden tener efectos nocivos a altas presiones parciales.

## ■ Intoxicación por oxígeno (Hiperoxia)

La toxicidad por oxígeno (O<sub>2</sub>) se produce en la mayoría de las personas cuando la presión parcial de oxígeno inhalado alcanza 1,4 atmósferas, lo que equivale a algo más de 57 m de profundidad si la mezcla respirada es aire comprimido. Por lo que no será una intoxicación a la cual los buzos deportivos estén expuestos, ya que la profundidad recreativa máxima será de 40 metros.

Para evitar la toxicidad por oxígeno en inmersiones profundas son obligatorias unas mezclas determinadas de gases y haber realizado un entrenamiento especial.

Los síntomas incluyen hormigueo, tics localizados (en la cara, los labios o contracciones en los miembros de un solo lado), vértigo,

náuseas y vómitos y visión restringida (túnel). Alrededor del 10% de los afectados sufren convulsiones o desmayos, que generalmente provocan ahogamiento.

## ■ Intoxicación por dióxido de carbono (Hipercapnia)

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas que se produce como producto de desecho cuando el carbono se combina con el oxígeno como parte del proceso de obtención de energía del cuerpo y será eliminado a través de la respiración.

Algunos buzos sufren toxicidad por dióxido de carbono porque tienen un patrón respiratorio errado durante el buceo. Como vimos anteriormente, la respiración en un buzo es pensada y con énfasis en la exhalación para eliminar éste gas, además de que el aire comprimido en las profundidades es más denso y requiere un mayor esfuerzo respiratorio para desplazarse a través de las mangueras primero, el regulador y las vías respiratorias y eso consume más oxígeno y produce más Dióxido de Carbono.

Los síntomas de la toxicidad por dióxido de carbono pueden incluir

Cefaleas

Dificultad respiratoria

Pérdida de coordinación

Pérdida de tono muscular

## Náuseas

## Vómitos

Como Divemaster debo estar alerta al ritmo respiratorio de los buceadores, reconociendo irregularidades como la salida ininterrumpida de burbujas de su regulador mostrando un ritmo respiratorio jadeante que lo llevará en mayor o menor tiempo a una hipercapnia.

Las personas que experimentan síntomas durante una inmersión deben volver gradualmente a la superficie y si tienen dolores de cabeza después de bucear pueden tener que modificar su técnica de buceo.

Los niveles altos de dióxido de carbono también pueden producir pérdida del conocimiento, aumentar la probabilidad de convulsiones debidas a la toxicidad por oxígeno y empeorar la gravedad de la narcosis de nitrógeno. Los buzos que padecen con frecuencia dolores de cabeza después de bucear, o que presumen de usar poca cantidad de aire, pueden estar reteniendo dióxido de carbono.

Uno de los signos de la intoxicación por Dióxido de Carbono fácilmente reconocible afuera del agua una vez que el buceador está en la superficie es la coloración azulada de piel y mucosas por la unión de éste gas con la hemoglobina de los glóbulos rojos, formando carboxihemoglobina.

## ■ Intoxicación por nitrógeno o de gases inertes.

El nitrógeno (N<sub>2</sub>) es un gas inerte que se encuentra en alrededor de un 80% de la mezcla de aire que respiramos. No interviene en nuestro metabolismo celular y no altera las propiedades químicas del plasma, del líquido extracelular ni el de nuestras células, pero es muy soluble en lípidos (grasas) y al respirarlo a cierta presión produce una alteración reversible del estado de conciencia del buceador con síntomas que van desde el retraso en la respuesta a estímulos visuales y auditivos, alteración del razonamiento y de la coordinación motora, errores de cálculo y alteración en la capacidad de toma de decisiones, euforia y llegando a estadios más complejos, puede tener incapacidad de retener el regulador en la boca. Es un muy importante estar atento a como el compañero de buceo responde las señas debajo del agua, como son sus movimientos del cuerpo y observar también su mirada, porque éstas son formas simples de determinar su lucidez así como también el podrá de ésta forma precisar la nuestra.

El mecanismo que desencadena la narcosis de nitrógeno en los buzos no está completamente explicado, pero es un efecto directo de las altas presiones de nitrógeno sobre la transmisión nerviosa. La hipótesis de la concentración mínima alveolar (Meyer-Overton) establece que la narcosis aparece cuando el gas penetra la capa lipídica de las membranas de las células nerviosas del cerebro; interfiriendo con la transmisión de las señales entres las neuronas.

Al respirar aire, los efectos aparecen a partir de los -30 m,

equivalente a una presión parcial de nitrógeno de 3,2 bar. Es probable también que el estado de conciencia del buzo se vea afectado antes de este límite, y simplemente sus síntomas le sean imperceptibles. Aun así no existe ningún método confiable para predecir la severidad de los efectos de narcosis en cada individuo, estos pueden variar en cada inmersión (incluso en un mismo día). Sus efectos dependen de múltiples factores, siendo los factores reconocidos que incrementan el riesgo y la severidad de la narcosis por nitrógeno a los descensos rápidos, el frío, el stress, el esfuerzo, la fatiga y la retención de gas carbónico.

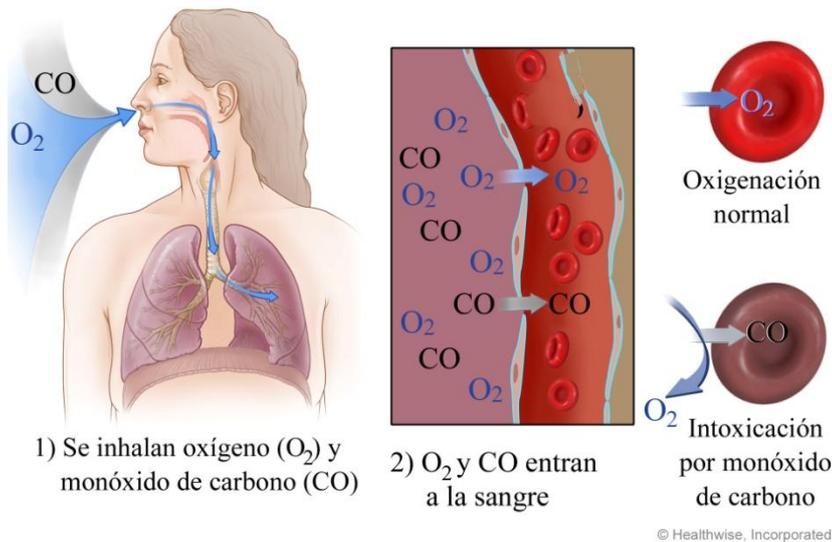
Si una narcosis sobreviene durante la inmersión, sus efectos desaparecerán casi inmediatamente simplemente ascendiendo a una menor profundidad.

Si bien el efecto narcótico fue observado inicialmente con el nitrógeno, otros gases como el argón, el hidrógeno causan efectos similares bajo altas presiones; el xenón incluso puede ser usado como anestésico a presión atmosférica. Este efecto de los gases bajo presión sobre el sistema nervioso es conocido de manera general como la narcosis de gases inertes.

Gases respirables como el trimix y el Heliox son usados en el buceo profesional para reducir los riesgos de narcosis por nitrógeno y de intoxicación por oxígeno. El riesgo de narcosis por nitrógeno disminuye al reemplazar parte del nitrógeno en la mezcla por otros gases.

## Intoxicación por monóxido de carbono (CO)

Es un cuadro clínico relativamente frecuente en la vida corriente producido por la inhalación de gases resultantes de la combustión incompleta del carbono (braseros, tubos de escape, humos de incendios, etc.).



En las actividades subacuáticas, el problema aparece cuando el buceador respira aire contaminado con CO, que a presión ambiente no es tóxico (25 partes por millón de CO), pero que ese mismo aire

respirado a 30 metros de profundidad contendrá 100 ppm de CO, por lo que ya resulta tóxico. **Se trata de un gas inoloro, incoloro e insípido, muy difícil de detectar al respirar la mezcla de nuestra botella y su presencia se da fundamentalmente en el proceso de recarga debido a que el operador del compresor no estuvo alerta a la presencia de aire contaminado en el ambiente donde el compresor tomo el aire.** Especial cuidado se debe tener en compresores al aire libre que trabajan con un motor a explosión y producen deliberadamente monóxido de carbono.

## Fisiopatología

El CO tiene hasta 240 veces más afinidad por la hemoglobina

(proteína que transporta el oxígeno vital para el metabolismo celular), que el O<sub>2</sub>, y 40 veces más afinidad por la mioglobina (proteína que lo transporta a nivel muscular), y produce alteración a nivel de la respiración celular.

## Síntomas

**Forma aguda:** presenta sintomatología fundamentalmente neurológica, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, alucinaciones visuales y auditivas, dificultad respiratoria y obnubilación. Pueden aparecer signos piramidales y extrapiramidales (temblores, movimientos incontrolados) y es frecuente el enrojecimiento de labios, mejillas y uñas color rojo cereza (especialmente en la etapa inicial). En intoxicaciones graves, pérdida de conciencia.

Las alteraciones cardíacas con arritmias y modificaciones en el EKG (alteraciones en ST y aplanación o inversión de la onda T), y alteraciones pulmonares, como edema agudo de pulmón, forman parte de la intoxicación por CO.

Tras la fase inicial puede aparecer un síndrome neurológico desmielinizante (deterioro de las conducciones nerviosas), tardío e irreversible.

**Forma crónica:** se caracteriza por dolores de cabeza, pérdida del apetito, insomnio, irritabilidad, parestias faciales (hormigueos), vértigos, y anemia.

**Diagnóstico:** se basará principalmente en la historia clínica complementada con la determinación de los niveles de carboxihemoglobina en plasma.

## Prevención y tratamiento

Uso de lubricantes y filtros adecuados en el compresor de carga, y evitar fuentes de CO en la toma de aire del compresor (ejemplo: humos del escape de un coche). **Tratamiento extrahospitalario: oxígeno a la más alta concentración posible.** A nivel hospitalario, administrar oxigenoterapia en cámara hiperbárica con el fin de:

Aumentar el O<sub>2</sub> disuelto, corrigiendo la anoxia tisular (falta de O<sub>2</sub> en los tejidos) de forma inmediata.

Favorece la separación de la hemoglobina del monóxido de carbono (carboxihemoglobina) y su transformación en hemoglobina oxigenada (oxihemoglobina).

Evita las secuelas neurológicas tardías.

## Pauta aconsejada

46 minutos a 3 ATA y descomprimiendo posteriormente durante 30-60 minutos. En la mayoría de los casos se obtiene una respuesta espectacular durante los primeros 30 minutos.

En las intoxicaciones graves conviene repetir las sesiones una hora después para desplazar el CO fijado a nivel intratisular y, posteriormente, realizar de dos a cinco sesiones de 45 minutos a

3 ATA durante las primeras 48 horas para prevenir la aparición del síndrome tardío neurológico desmielinizante.

No es un cuadro clínico nada frecuente, pero podría justificar muchos accidentes fatales de causas poco claras en buceadores que realizan inmersiones en cotas profundas.

## ■ Intoxicación por vapor de aceite

Esta intoxicación se da por respirar aire de un cilindro que contiene vapores de aceite, debido a que su sistema de filtrado es ineficiente, tiene su material filtrante saturado o su aceite está desnaturalizado por exceso de trabajo a altas temperaturas y sin los cambios recomendados. Tiene diferentes niveles de gravedad determinados por los tiempos de exposición del buceador respirando aire contaminado.

### Síntomas

Náuseas

Mareos

Neumonía

### Recomendaciones

Es muy importante y es responsabilidad del Divemaster y el Instructor comprobar y oler el aire de los tanques antes de cualquier inmersión, para tener mayor certeza de que está limpio y no contaminado. Si se aprecia un extraño olor en el aire, no bucear con él, es realmente peligroso para la salud.

## ■ Accidentes del ascenso

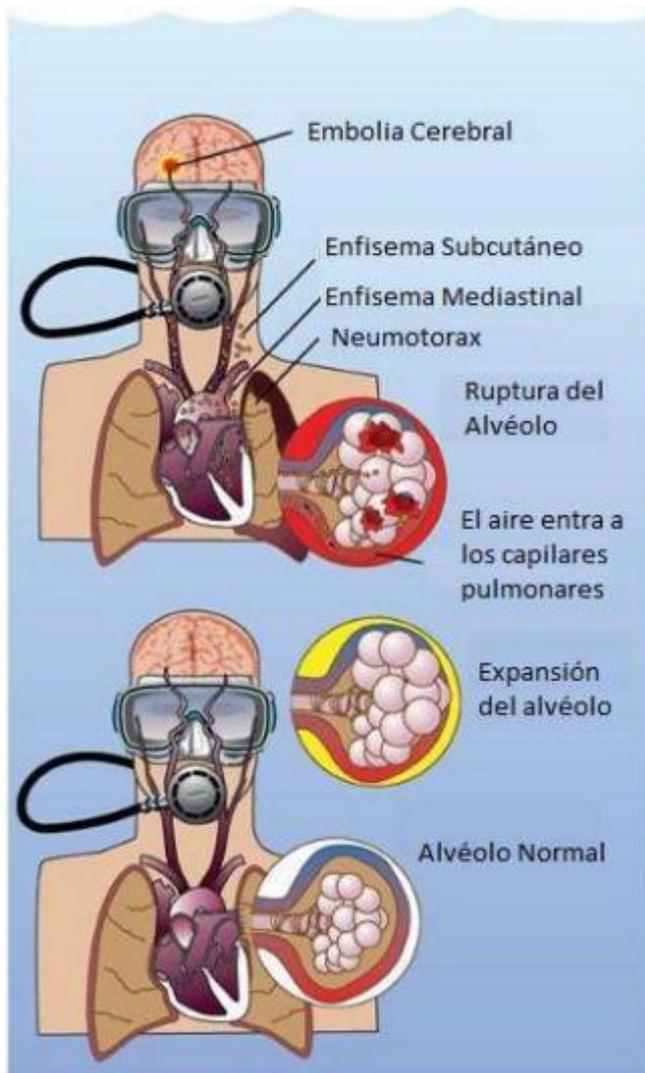
### Síndrome de Sobrepresión pulmonar

El accidente por sobrepresión pulmonar se identificó como síndrome distinto a la enfermedad descompresiva en 1932 (ADAMS Y POLAK). Ha recibido muy diversas denominaciones: Barotrauma pulmonar, síndrome de hiperpresión intratorácica, de sobrepresión pulmonar, de sobreexpansión pulmonar, pero en cualquier caso es un accidente grave y que ocurre cuando hay una rápida disminución de la presión ambiente y existe alguna razón para que la expulsión del aire alveolar no se produzca durante el ascenso del buceador.

Está regido por la ley de Boyle (accidente de tipo biofísico o mecánico). Durante el buceo con equipos y gracias a la acción del regulador, el gas penetra en los pulmones a la presión correspondiente a la profundidad en que se encuentre el buceador, al quedar equilibradas la presión intratorácica y la ambiental el volumen pulmonar permanece prácticamente constante.

Cuando el buceador realiza un ascenso normal, el regulador advierte una disminución de presión ambiente y va brindando aire cada vez con menos presión por lo cual el buceador sólo debe respirar tranquilo y continuo. En el caso de un ascenso rápido la presión ambiental disminuye drásticamente y el volumen del gas en los pulmones aumenta en forma exponencial de acuerdo a la ley de Boyle. El sujeto debe exhalar el aire en

expansión mediante una correcta espiración prolongada, de lo contrario el volumen pulmonar creciente distiende el parénquima pulmonar, provocando la ruptura del mismo al sobrepasar su límite de elasticidad.



Este accidente produce la rotura alveolar cuando el gradiente de presión aire alveolar/ambiente es de 80 mm. Hg o más, es decir con un ascenso en escape libre hasta la superficie desde 1,2 metros de profundidad, se puede producir el cuadro.

El peligro no es el desgarramiento pulmonar en sí mismo, sino el que proviene del aire que escapa y puede quedar entre los tejidos o llegar al torrente sanguíneo. El aire libre en la cavidad torácica provocará una serie de fenómenos negativos al convertir dicha cavidad en un recipiente a

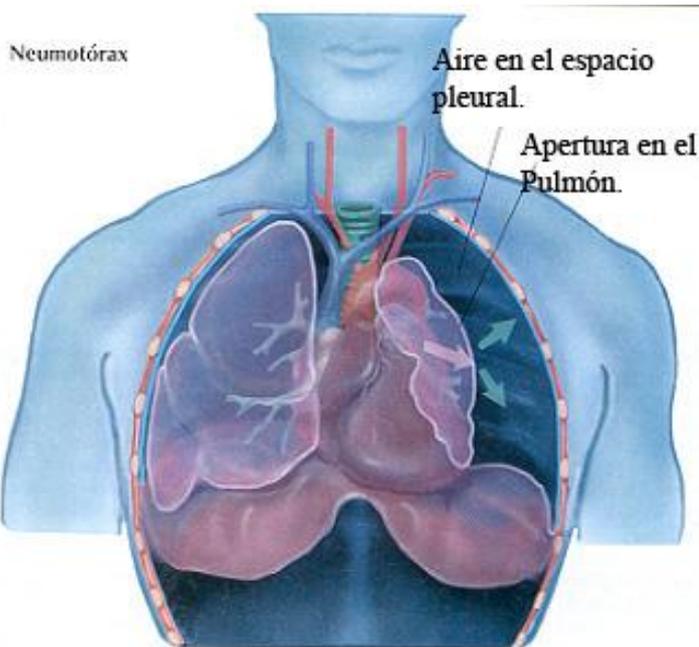
presión pudiendo desplazar dicho aire hacia la base del cuello (enfisema subcutáneo), el espacio interpleural (neumotorax), hacia el mediastino (enfisema mediastínico) y en el peor de los casos, pudiendo llegar a la circulación pulmonar (embolismo arterial gaseoso), pasando al lado izquierdo del corazón y

afectando principalmente a la circulación arterial coronaria, pulmonar y especialmente a la cerebral.

## Clasificación

### Neumotórax

Cuando el aire en expansión se queda entre el pulmón y la pleura, se produce un neumotórax, pudiendo provocar un colapso del pulmón total o parcial. **El neumotórax en sí mismo no**



**es tan grave como la embolia gaseosa, ya que todavía podríamos respirar con el otro pulmón, pero el aire acumulado en la cavidad pleural produce compresión del pulmón al hacerse positiva la presión intrapleural, comprometiendo el intercambio gaseoso. Esta situación puede ser muy grave, más en un**

**paciente con enfermedad pulmonar de base, aunque el colapso del pulmón no sea grande.**

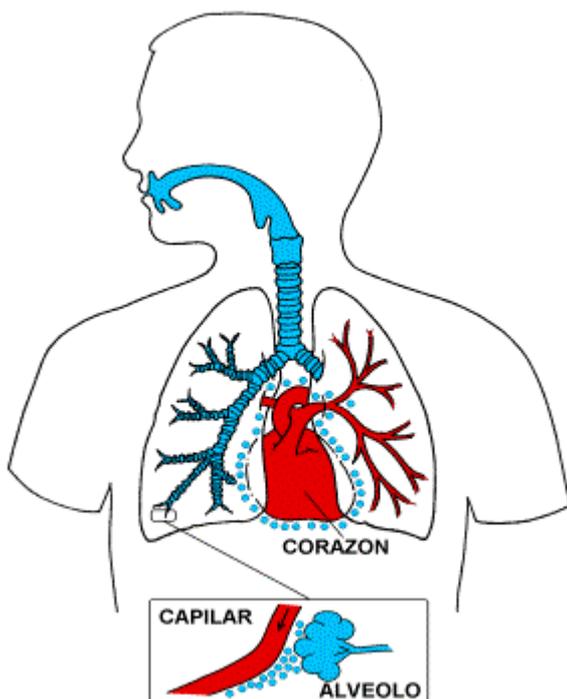
### Neumotórax a tensión:

Colapso completo del pulmón que ocurre cuando el aire sigue entrando pero no sale del espacio pleural. El mediastino se desvía hacia el lado contrario disminuyendo la capacidad residual funcional del otro pulmón, comprimiendo además los

grandes vasos venosos, alterando el retorno venoso y produciendo un shock hemodinámico, además de insuficiencia respiratoria.

Los síntomas propios son el dolor torácico unilateral de presentación súbita, disnea y a la inspección se aprecia limitación de movimientos de la pared torácica, expandiéndose sólo del lado del pulmón sano. En caso de neumotórax a tensión aparece insuficiencia respiratoria severa y pueden aparecer signos de shock.

## Enfisema Mediastínico

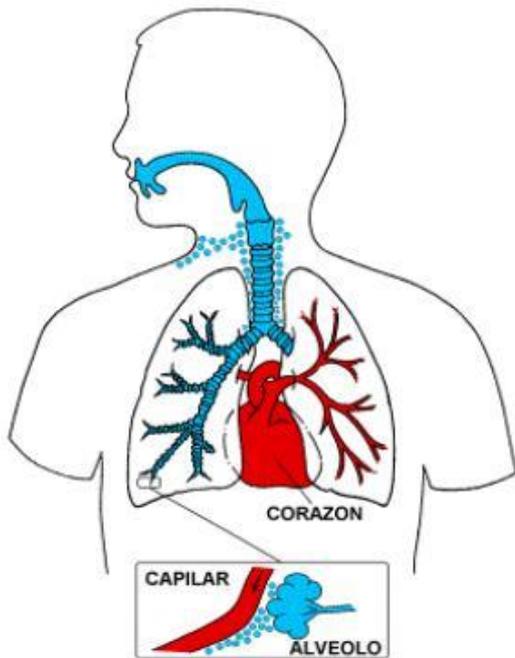


En esta circunstancia, el aire se acumula en el centro del pecho y aunque no es una circunstancia tan grave como las anteriores, ese aire puede comprimir los principales vasos sanguíneos o incluso el corazón, lo que provoca una insuficiencia circulatoria que deriva en excesivo cansancio o desfallecimiento, pero siempre requerirá tratamiento médico apropiado.

Los síntomas consisten en sensación de plenitud en el tórax, disnea, problemas para tragar y dolor retroesternal y en casos más graves síncope, shock e inconsciencia. Objetivamente se

suele asociar a enfisema subcutáneo en la base del cuello.

## Enfisema subcutáneo



El aire busca salida desde el mediastino y se sitúa en la base del cuello que es donde se encuentran los tejidos más suaves, el enfermo puede experimentar un cambio de voz y la piel en esa zona le puede crujir al tocarla. Las pequeñas acumulaciones de aire se manifiestan generalmente sin dolor ni otra sintomatología. Los enfisemas extensos, poco comunes, sí pueden provocar dolor y tener efecto

compresivo, limitando la respiración.

## Embolia gaseosa

Una embolia es la que se produce cuando un cuerpo extraño obstruye el flujo sanguíneo. Si ese cuerpo está formado por gas (aero), se la conocerá como aeroembolismo. Esta es la lesión más grave de todas las que puede provocar una sobrepresión pulmonar, ya que el aire ha entrado al torrente sanguíneo a través de los alveolos rotos y llegará al corazón para luego fluir por el sistema arterial. Si el gas llega a las carótidas -lo que no es raro- provocará una obstrucción que impedirá que la sangre oxigenada llegue al cerebro, pudiendo provocar una apoplejía,

inconsciencia, parálisis o muerte en el peor de los casos.

Los primeros auxilios que deberá administrar el Divemaster recomendados para este tipo de lesiones disbáricas, aunque no pongan en peligro la vida inmediatamente, son siempre la administración de oxígeno. Esto beneficia al accidentado en dos sentidos, por un lado, la obstrucción que puede provocar una lesión por sobrepresión pulmonar disminuirá el reparto de oxígeno a través del riego sanguíneo (hipoxia) por lo que aumentar la cantidad del mismo favorecerá que llegue en mejores condiciones a todos nuestros tejidos y de esa manera evitamos que se deterioren o incluso se destruyan, por otro lado, la presión parcial del nitrógeno alveolar disminuirá y esto acelera la difusión del oxígeno y ralentiza el crecimiento de la burbuja ayudando a eliminarla.

Un paciente inconsciente que respira debe ser tumbado lateralmente sobre el lado izquierdo y con la cabeza apoyada para favorecer que las vías aéreas estén libres en caso de vómito. Si por el contrario no respirara, habrá que colocarlo tumbado boca arriba para comenzar con la RCP, desfibrilación o lo que convenga en cada caso. En el caso de un paciente consciente y que respira es aconsejable mantenerlo de costado durante todo el traslado hacia el hospital.

## Origen y causa del ascenso

Ese ascenso puede suceder por varias causas, un reflejo desencadenado ante la entrada de agua en vía aérea o espasmo

de glotis, antecedentes de neumotórax espontáneo, antecedentes de cirugía torácica, asma, bronquitis, realizar un escape libre en buceo con equipo autónomo, en la maniobra de escape desde submarinos, o en la despresurización brusca de cabinas en accidentes aeronáuticos.

Es importante destacar que si un buceador realiza un escape libre de emergencia con equipo autónomo es generalmente por una falta de aire durante el buceo y en una situación donde el buzo está lejos de su dupla como para pedirle el aire. O sea dos errores técnicos complejos que pueden llevar a un accidente más grave aún.

Otra de las posibles causas por las cuales un buceador haga un ascenso descontrolado es el pánico. Un buceador en pánico se ve expuesto a dos situaciones, o muerde con desesperación los mordillos de la boquilla del regulador y busca angustiosamente la superficie sin exhalar el aire y padeciendo de ésta forma un síndrome de sobrepresión pulmonar o en el fondo deja de retener el regulador en la boca y comienza enérgicamente a respirar y sólo ingresa agua dando inicio a la asfixia por inmersión y sus consecuencias.

## Enfermedad por descompresión E.D

La enfermedad de descompresión es la respuesta patológica a la formación de burbujas de gas, procedente de los gases inertes disueltos en los tejidos, al reducirse la presión ambiente en el ascenso. Durante el ascenso, como hemos indicado, el gas se libera desde los tejidos a la sangre y de ésta a los pulmones, pero si la velocidad de liberación del gas es excesiva, pasa el gas de estar disuelto, a la formación de burbujas, siendo el efecto más importante la formación de embolismos en el retorno venoso, lo que da origen a varios síntomas y patologías que son los que abarca el accidente de descompresión.

La enfermedad de descompresión se produce cuando se forma una burbuja de gas de suficiente tamaño como para entrar en contacto con las paredes del vaso sanguíneo que la conduce. La burbuja tiene un tamaño mayor que el diámetro interior del vaso por lo que se comprime contra sus paredes provocando un bloqueo circulatorio en ese vaso. Siempre se produce en el retorno venoso ya que lo provoca el gas inerte disuelto en nuestros tejidos, generalmente nitrógeno aunque en inmersiones a profundidad puede ser el helio, por un ascenso a mayor velocidad de la requerida para dar tiempo a que llegue a nuestros pulmones, donde puede ser liberado por medio de la respiración. Por supuesto, no realizar las paradas de descompresión requeridas según la inmersión o realizarlas mal también son causa de la ED.

## Cómo se produce la enfermedad de descompresión

Si se realiza bien el proceso descompresivo es muy raro que se presente la ED. Aunque hay errores, la mayoría de los accidentes se presentan como consecuencia de errores en la práctica, bien accidentales o bien intencionados.

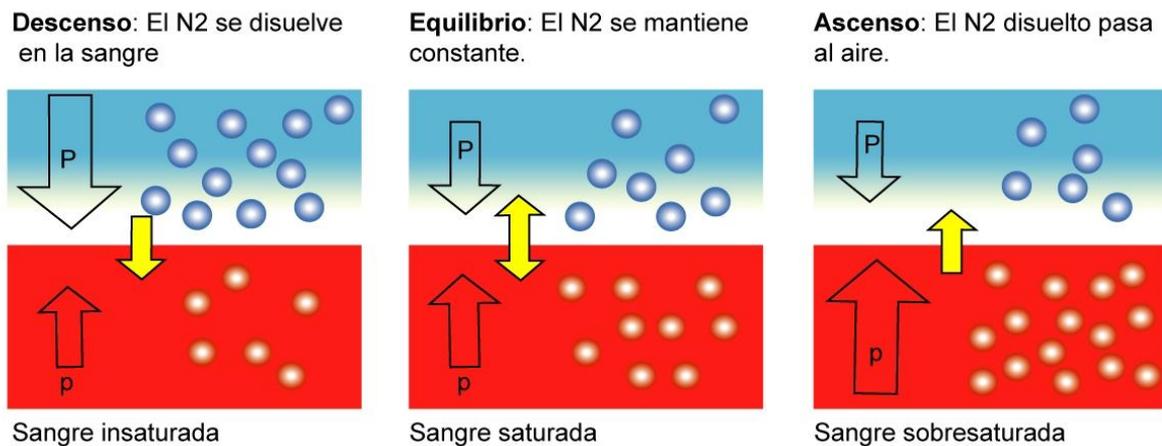
Los errores accidentales son debidos a despistes, olvidos, no bucear con el material adecuado a la inmersión que vamos a realizar o fallos en el material, casi siempre por un incorrecto mantenimiento. También se pueden producir como consecuencia añadida de otro accidente.

Los accidentes intencionados son sufridos sobre todo por aquella tipología de personas que se creen más fuertes o mejor dotadas, por lo que no respetan la velocidad de ascenso o algunas paradas de descompresión, pensando que a ellos no les va a pasar nada gracias a su constitución o experiencia.

Una vez formadas las burbujas, provocan dos efectos principalmente sobre el organismo, el efecto mecánico y el efecto de superficie.

El efecto mecánico provoca la obstrucción de los vasos y disrupción en los tejidos. La obstrucción representa una importante limitación en la circulación y, por lo tanto, en la nutrición tisular. Provoca estasis venosa (retención de líquido) por lo que merma el volumen circulante. La disrupción en los tejidos provoca dolor por compresión de alguna terminal nerviosa

o lesiones cutáneas o linfáticas.



## Formación de burbujas

Para que el desarrollo de una condición de saturación o sobresaturación implique una enfermedad descompresiva, deben ocurrir dos cosas: las burbujas precisan formarse y crecer.

Se conoce muy poco del proceso de formación de burbujas en el organismo. Se cree que los animales tienen algún tipo de núcleos para la formación de burbujas en el organismo. Esta creencia se debe a que en presiones muy por debajo de la necesaria para la formación de burbujas en agua puede ocurrir la formación de burbujas en animales. A pesar de estos núcleos que todavía no han sido identificados claramente, es importante entender que algún tipo de núcleo tiene que existir para que las burbujas se formen de manera tan abrupta como ocurre en la práctica.

## Crecimiento de las burbujas

Una vez que una burbuja se forma, su crecimiento a tamaños mayores es bien comprendido. Para que una burbuja aumente de tamaño, la presión del gas de la burbuja debe ser mayor que las presiones externas actuantes sobre ella. Existen tres fuerzas que actúan sobre una burbuja para restringir su crecimiento: (a) presión ambiente (si la presión ambiente disminuye, como en el caso del ascenso de un buceador, la burbuja puede aumentar de tamaño), (b) presión ejercida por los tejidos, pues estos tienden a resistir la deformación causada por el aumento de burbujas, y (c) resistencia inherente debido a la tensión superficial de la burbuja.

## El riesgo de sufrir la enfermedad por descompresión se agrava con muchos de los siguientes factores:

Algunos defectos cardiacos, como un foramen oval permeable o un defecto del tabique auricular

Agua fría

Deshidratación

Volar después de bucear

Esfuerzo

Fatiga

Aumento de presión (es decir, la profundidad de la inmersión)

Tiempo transcurrido en un ambiente presurizado

Obesidad

Edad avanzada

Ascenso rápido

Puesto que el exceso de nitrógeno sigue disuelto en los tejidos corporales muchas veces hasta más de 18 horas después de cada una determinada inmersión, quienes realicen inmersiones repetidas el mismo día tienen más probabilidades de padecer la enfermedad por descompresión que quienes realicen una única inmersión. Un viaje aéreo inmediatamente después de haber realizado una inmersión (como puede suceder al final de unas vacaciones) expone a la persona a una presión atmosférica todavía más baja, lo cual hace que la enfermedad por descompresión sea algo más probable.

Es posible que se formen burbujas de nitrógeno en los vasos sanguíneos pequeños o en los propios tejidos. Los tejidos con un alto contenido graso, como los del cerebro y la médula espinal, son los más afectados, porque el nitrógeno se disuelve en grasa con mucha rapidez.

El tipo I de enfermedad de descompresión tiende a ser leve y afecta principalmente las articulaciones, la piel y los vasos linfáticos.

La enfermedad de descompresión de tipo II, potencialmente mortal, a menudo afecta a sistemas de órganos vitales, entre los que se incluyen el cerebro y la médula espinal, el sistema

respiratorio y el sistema circulatorio.

## Síntomas

Por lo general, los síntomas de la enfermedad por descompresión se manifiestan de modo más lento que los de la embolia gaseosa y el barotrauma pulmonar. Solo la mitad de las personas con enfermedad por descompresión presentan síntomas al cabo de una hora de salir a la superficie, mientras que un 90% los manifiesta al cabo de 6 horas. Es común que los síntomas comiencen de forma gradual y tarden algún tiempo en alcanzar su punto máximo. Los primeros síntomas pueden ser

Fatiga

Inapetencia

Cefalea

Vaga sensación de malestar

## Enfermedad descompresiva de tipo I (leve)

Este tipo de enfermedad de descompresión por lo general causa dolor, que suele afectar las articulaciones de los brazos o las piernas, la espalda o los músculos; en ocasiones es difícil localizar la zona concreta. El dolor puede ser leve o intermitente al principio, pero es posible que después se intensifique con rapidez y sea intenso; puede ser punzante o bien, como a veces se describe, «profundo» o como «si algo estuviera perforando el hueso». Empeora con el movimiento.

Los síntomas menos comunes son prurito, erupción cutánea, inflamación de los nódulos linfáticos y fatiga extrema. Estos síntomas no son potencialmente mortales, pero pueden preceder a problemas más peligrosos.

## **Enfermedad descompresiva de tipo II (grave)**

Es el tipo más grave de enfermedad por descompresión (tipo II) suele producir síntomas neurológicos, que van desde un leve adormecimiento hasta parálisis y la muerte. La médula espinal es especialmente vulnerable.

Los síntomas que indican la afectación de la médula espinal pueden incluir adormecimiento, hormigueo, debilidad o una combinación de los anteriores, y pueden darse en los brazos, en las piernas o en las cuatro extremidades. Una debilidad leve u hormigueo puede progresar en cuestión de horas hasta una parálisis irreversible. También puede producirse una incapacidad para controlar la orina o defecar. Es frecuente el dolor en el abdomen y la espalda.

Los síntomas de afectación cerebral son en su mayoría similares a los de la embolia gaseosa, e incluyen

Cefalea

Confusión

Dificultad para hablar

Visión doble

La pérdida de consciencia es poco habitual.

Los síntomas de afectación del oído interno, tales como vértigo severo, zumbido en los oídos y pérdida de audición, se producen cuando los nervios del oído interno resultan afectados.

Los síntomas de afectación pulmonar provocados por las burbujas de gas que viajan a través de las venas hacia los pulmones, producen tos y dolor torácico y empeoran progresivamente la dificultad para respirar (asfixia). Los casos graves, que son infrecuentes, pueden acabar shock y muerte.

## Diagnóstico

### Evaluación médica

La enfermedad por descompresión se reconoce por la naturaleza de los síntomas y por su aparición relacionada con el buceo.

Pruebas como la tomografía computarizada (TC) o la resonancia magnética nuclear (RMN) a veces muestran anomalías en el encéfalo o la médula espinal, pero no son fiables. Sin embargo, la terapia de recompresión debe iniciarse antes de saber los resultados de la TC o la RMN, excepto cuando el diagnóstico no está claro o cuando el estado del buzo es estable. Para diagnosticar la osteonecrosis disbárica se suele realizar una resonancia magnética nuclear (RMN).

### Prevención

Hay factores predisponentes, que debemos conocer para no caer en este accidente de forma inexplicada. La edad es uno de

ellos, habiéndose detectado un aumento de la incidencia de la ED a partir de los 45 años y otro la obesidad, que también predispone a la ED.

La deshidratación es un factor potenciador del ED muy importante, Debemos beber líquidos antes de bucear, así como también debemos hidratarnos después de la inmersión, aunque haya sido normal, para prevenir la aparición de cualquier síntoma. Desde luego no debemos tomar alcohol, no solo por sus efectos sobre nuestro sistema nervioso, sino también por la deshidratación y la pérdida de tensión superficial del plasma que ayuda a que posibles burbujas aumenten su tamaño por la menor resistencia externa.

También debemos evitar el ejercicio físico antes, durante y después de la inmersión. Las aguas frías predisponen para la ED y mucho más el pasar frío durante la inmersión. También y muy especialmente los aumentos en la tasa de CO<sub>2</sub>, por lo que es una de las razones para que mantengamos una respiración regular y no realicemos esfuerzos intensos en nuestras inmersiones.

Cuando realizamos cualquier inmersión, siempre debemos ir directamente a la máxima profundidad y el desarrollo de la inmersión, debe ser bien mantener cota o bien ir perdiendo cota, es decir, si la inmersión se va a desarrollar en varias profundidades, nunca debemos dejar la máxima cota para el final, sino al revés, ya que un perfil de inmersión que comience en cotas bajas, vaya profundizando, para realizar el ascenso

desde cota máxima, provoca, según experiencia registrada, un mayor índice de accidentes inexplicados. Pero especialmente peligrosas, también comprobado a través de la experiencia, son las inmersiones llamadas “yo-yo”, es decir, inmersiones con perfil en sierra, en las que se sube y se baja de cota con frecuencia. Debemos realizar en todo buceo que realicemos a 10 o más metros de profundidad una parada de seguridad de 3 minutos a 5 metros de profundidad.

Por último, puede que influyan también aspectos psicológicos, por lo que es una razón más para desistir de bucear si simplemente no nos apetece y, desde luego, no realizar inmersiones que exceden nuestra experiencia o nuestros conocimientos. Debemos sentirnos a gusto en la inmersión y disfrutando del entorno, no en una situación de estrés.

Una vez terminada la inmersión, debemos tener presente que seguimos en un estado de sobresaturación, por lo que debemos mantener todas las precauciones que observamos en las paradas de descompresión: no variar la presión a la que nos encontramos, no someternos a cambios bruscos de temperatura, no hacer ejercicio físico intenso y en definitiva no alterar la tasa de CO<sub>2</sub>, ni siquiera localmente.

No debemos hacer apneas tras una inmersión, ni realizar juegos, actividades o deportes que impliquen ejercicio físico intenso, es decir, nada que nos provoque fatiga. Tampoco debemos tomar baños de sol, saunas, ni someternos a situaciones de frío.

Para eliminar los restos de agua salada, no debemos ducharnos con agua caliente, ni con agua fría. Simplemente que la ducha esté ligeramente tibia.

Tras varios días de inmersiones, suele recomendarse pasar un periodo de 24 horas en la superficie antes de hacer un viaje aéreo o de trasladarse a una zona de más altitud. Este plazo debe ser ampliado a 48 horas si hemos realizado inmersiones que requirieron paradas de descompresión.

Las personas que se han recuperado por completo de un trastorno por descompresión moderada deben abstenerse de practicar submarinismo por lo menos durante un periodo de 1 mes.

Las personas que han sufrido una descompresión, a pesar de haber seguido las recomendaciones de la tabla de inmersión o de la computadora, no deben volver a bucear hasta haberse sometido a una evaluación médica meticulosa para detectar factores subyacentes de riesgo, como un defecto cardíaco.

## Tratamiento

### Oxígeno

En algunas ocasiones, terapia de recompresión

Alrededor del 80% de las personas se recuperan completamente.

Los buzos que solo experimentan prurito, erupción cutánea y

fatiga por lo general no necesitan someterse a recompresión, pero deben permanecer bajo observación porque pueden aparecer síntomas más graves. La respiración de oxígeno puro a través de una mascarilla bien ajustada puede proporcionar cierto alivio.

## Terapia de recompresión

Cualquier otro síntoma del trastorno por descompresión indica la necesidad de tratamiento en una cámara de alta presión (de recompresión o de oxígeno hiperbárico) porque la terapia de recompresión restaura la circulación sanguínea normal y el oxígeno en los tejidos afectados. Después de la recompresión, la presión se reduce gradualmente con pausas preestablecidas para dar tiempo a que el exceso de gases abandone el organismo sin causar daños. **Puesto que los síntomas pueden reaparecer o empeorar al cabo de 24 horas, se somete a tratamiento incluso a las personas que solo presentan dolor moderado o transitorio, o síntomas neurológicos.**

**La terapia de recompresión es beneficiosa hasta 48 horas después del buceo y debe ser aplicada aun cuando llegar a la cámara más próxima requiera hacer un viaje importante. Durante el tiempo de espera y durante el transporte debe administrarse oxígeno con una mascarilla facial muy bien ajustada y proporcionar líquidos por vía oral o intravenosa. Los retrasos prolongados en el tratamiento aumentan el riesgo de que las lesiones resulten permanentes.**

## ■ Exámen Neurológico

La información que el Divermaster proporcione sobre el estado neurológico del buzo es de utilidad para el personal médico, no solo al decidir qué tratamiento recibirá, sino también la efectividad de ese tratamiento.

El examen del sistema nervioso central (SNC) del buzo lesionado efectuado rápidamente después del accidente puede proveer información al médico responsable del tratamiento.

El examen neurológico en el campo es fácil de realizar y puede ser hecho por individuos sin experiencia médica.

Haga lo más que pueda del examen, pero no permita que interfiera con la evacuación a la unidad médica.

**Ejecute los siguientes pasos en orden y anote fecha, hora y resultados obtenidos.**

### 1-Orientación

¿Sabe el buzo su nombre y su edad?

¿Sabe el buzo su ubicación actual?

¿Sabe el buzo la hora y fecha actuales?

Aun cuando el buzo parezca alerta, sus respuestas pueden revelar confusión.

**No omita nunca estas preguntas.**

## 2- Ojos

Haga que el buzo cuente los dedos de la mano que usted le muestra; use dos o tres números diferentes.

Examine cada ojo por separado y luego, juntos.

Haga que el buzo identifique objetos distantes. Dígale al buzo que mantenga la cabeza sin moverla, o sujétela suavemente, colocando su otra mano a unos 0,5 metros/18 pulgadas, frente a su cara.



Figura 10

Pida al buzo que siga su mano con la mirada, mueva su mano hacia arriba y hacia abajo, después a un lado y otro. Los ojos del buzo deben seguir su mano y no deben desviarse a un lado y regresar (nistagmus). Revise que las pupilas estén de igual tamaño (**Figura 10**)

## 3-Cara

Haga que el buzo apriete los labios (silbar). Mire cuidadosamente si ambos lados de la cara tienen la misma expresión mientras lo hace (vea si existen asimetrías entre ambos lados). Haga apretar

los dientes al buzo y busque si hay diferencias en la contracción de los músculos de la mandíbula.

Instruya al buzo para que cierre sus ojos mientras usted toca suavemente, con la yema de sus dedos, la frente y la cara del buzo. Asegúrese de que percibe la sensación en forma simétrica.

#### **4-Audición**

Se puede evaluar, colocando su mano a 0,6 metros/2 pies del oído del buzo forzando su pulgar contra el dedo medio e índice. Revise ambos oídos mientras acerca su mano hasta que el buzo perciba el sonido. Revíselo varias veces y compare con su propia audición. Si hay mucho ruido alrededor, es difícil evaluar la prueba. Indíqueles a los otros buzos que se mantengan en silencio y apague la maquinaria que no se necesite.

#### **5-Reflejo de deglución**

Indique al buzo que trague mientras usted mira la manzana de Adán (nuez) que deberá moverse hacia arriba y abajo al tragar.

#### **6-Lengua**

Indique al buzo que saque su lengua y observe si ésta sale en la línea media sin desviaciones hacia uno u otro lado.

#### **7- Fuerza muscular**

Indique al buzo que suba los hombros, mientras usted ejerce fuerza hacia abajo, para observar si la fuerza es igual en ambos lados.

Revise los brazos, haciendo al buzo que resista la fuerza mientras usted trata de separar los codos hacia fuera, arriba y abajo. La fuerza debe ser más o menos igual en ambos brazos en las tres direcciones de movimiento.

Revise la fuerza de las piernas, teniendo al buzo acostado, pidiéndole que levante y baje cada pierna mientras usted resiste el movimiento.

## 8- Percepción de Sensibilidad

Examine ambos lados del cuerpo del buzo mediante suaves toques como hizo en la cara. Comience por la parte superior del cuerpo y vaya comparando ambos lados mientras progresa el examen hacia los miembros inferiores. El buzo debe permanecer con sus ojos cerrados durante este examen y deberá confirmar sus sensaciones en cada área explorada antes de proseguir con la siguiente.

## 9- Equilibrio y Coordinación

Cuando efectúe esta prueba, usted deberá estar preparado para proteger al buzo de una posible caída. Primero haga que el buzo camine talón a punta en una línea recta con la vista hacia adelante.



Figura 11

Hágalo caminar hacia delante y hacia atrás por unos 3 metros. Ve a si los movimientos son suaves y mantiene el equilibrio sin que mire hacia abajo o se sostenga de algo.

Siguiente, haga que el buzo se pare con los pies juntos, cierre los ojos, suba los brazos a nivel de los hombros, totalmente extendidos. El buzo debe ser capaz de mantenerse en equilibrio, si la plataforma de sostén es estable (**Figura 11**).

**Esté preparado para agarrar al buzo si pierde el equilibrio y comenzara a caer!!!!**

Revise la coordinación, haciendo que el buzo se toque la nariz con el dedo índice y después toque su dedo, una y otra vez. Mantenga una distancia aproximada entre la nariz del buzo y su dedo de 0,5 metros/18 pulgadas. El buzo deberá ser capaz de realizar la prueba aunque usted mueva su dedo a otras posiciones. Coloque al buzo acostado, en posición supina, y pida al buzo que deslice el talón de un pie a lo largo de la espina de la tibia de la otra pierna, con los ojos cerrados, de manera suave y sin movimientos erráticos, o de lado a lado.

Revise estas pruebas tanto del lado derecho como del izquierdo y observe cuidadosamente por si hay torpeza en alguno de los lados.

Las pruebas 1, 7 y 9 son las más importantes y se les debe dar prioridad si no se puede llevar a cabo todo el examen completo. La condición del buzo puede evitar que se lleve a cabo alguna de las pruebas. Anote cuál fue omitida y la razón. Si cualquiera de

estas pruebas no está correcta, se debe sospechar de una lesión a nivel del Sistema Nervioso Central.

Las pruebas deben ser repetidas a intervalos de 30 a 60 minutos mientras, se espera asistencia, para detectar los cambios que pudieran presentarse. Reporte los resultados al personal de emergencias que respondió a la llamada. Buenos hábitos de seguridad en buceo deberían incluir la práctica de este examen en buzos normales, en busca de adquirir mayor eficiencia para las reales situaciones de emergencia.

**El examen neurológico del buzo afectado, realizado tan pronto como sea posible, puede proveer valiosa información al médico responsable del tratamiento.**

**El examen neurológico de campo es fácil de aprender y debe poder ser efectuado por individuos sin experiencia médica.**

## Otros problemas

La hipotermia es el descenso involuntario de la temperatura corporal a una temperatura corporal inferior a 35°C, producida por una deficiente protección térmica del buceador o por un tiempo prolongado de buceo y que puede impedir a nuestro cuerpo llevar a cabo correctamente las funciones normales del metabolismo.

Lo temblores o tiritona que puede experimentar el buceador son síntomas de hipotermia y es un mecanismo de defensa del cuerpo que mediante contracciones musculares genera calor para restablecer el descenso de temperatura y marca el final del buceo.

La gravedad de la hipotermia en base a los síntomas y signos se clasifican en tres etapas:

### **Etapa 1:**

Cuando la temperatura corporal cae por 1-2 ° C por debajo de la temperatura normal (35-37 ° C). Se producen de leves a fuertes temblores. La persona es incapaz de realizar tareas complejas, con las extremidades, las manos se entumescen y la respiración se vuelve rápida y superficial.

### **Etapa 2:**

La temperatura corporal cae por 2-4 ° C por debajo de la temperatura normal (33-35 ° C). Los Temblores se vuelven más violentos, y aparece la falta de coordinación en los movimientos y

la desorientación. El cuerpo se vuelve pálido, los labios, orejas, dedos de los pies se vuelven azules porque el cuerpo desvía la sangre a los órganos vitales.

### **Etapa 3:**

La temperatura corporal cae por debajo de aproximadamente 32 ° C. Los órganos empiezan a fallar. La gente no es capaz de coordinar o hablar, y la falta de rendimiento de los órganos, finalmente, conduce a un paro cardíaco y muerte.

Los buceadores siempre deben ser conscientes de los síntomas y del inicio de la hipotermia y deben reducir al mínimo el riesgo con el uso de una protección adecuada para la exposición al frío como un buen traje seco.

La etapa 1 de la hipotermia puede ser tratada a través de primeros auxilios, y manteniendo abrigada a la persona, sin embargo la etapa 2 y 3 de la hipotermia requerirá hospitalización inmediata.

Capuchas, guantes y botas también son cruciales para una buena protección térmica cuando se bucea en aguas frías, y proteger sus extremidades.

Si comienza a temblar en una inmersión, es un síntoma suficiente para subir lo antes posible a superficie, y asegurarse de que sus síntomas no empeoren. Muchos buzos ignoran las señales de advertencia, especialmente en aguas aparentemente cálidas y continúan el buceo, mientras haya aire en las botellas. Si ve que su compañero de buceo bajo el agua tiembla vigorosamente, de por terminada la inmersión lo antes posible,

incluso si no siente frío, tenga en cuenta que en algunas ocasiones además le espera la descompresión.

## Hidrocución

Hay tres teorías principales que explican el proceso. Así, se habla de que el contacto brusco con el agua fría crea un shock térmico que provocaría una vasoconstricción severa, que tendría como resultado un reflejo inhibitor de la respiración y de la circulación, pudiendo ocasionar una pérdida de la consciencia que acabaría en un ahogamiento.

Por otro lado, podría deberse a un espasmo laríngeo (un reflejo de nuestro cuerpo ante una inmersión), tras el contacto del agua fría con las mucosas nasofaríngeas que impide que se pueda respirar y, por último, se considera la posibilidad de que este síncope apareciese tras una descarga brusca de histaminas y sustancias afines.

Es importante poder percibir ciertos síntomas aparentemente inofensivos que pueden preceder a la hidrocución. Estos síntomas son: dolor de cabeza, palidez, náuseas, picor, escalofríos, cansancio intenso y anormal, sensación de calor en los muslos y el vientre, calambres, vértigos, dolores abdominales, zumbido de oídos y/o temblores.

Como la mayoría de los casos ocurren después de comer y los síntomas más evidentes son vómitos, dolor abdominal y mareo (como una indigestión) la creencia popular lo ha achacado a la digestión pero no es así, la digestión sigue su curso y todo esto es provocado por la lipotimia que causa la hidrocución. En otros

casos, según la salud de la persona, la situación es más grave debido a que el contacto con el agua provoca una disminución de la frecuencia cardíaca dando como resultado una parada cardiorrespiratoria que llevará a una muerte

## **Factores de riesgo para la hidrocución:**

Tomar el sol durante mucho tiempo y/o realizar ejercicio intenso ya que aumentará mucho nuestra temperatura corporal por lo que el choque térmico será mayor.

Hacer una comida copiosa ya que durante la digestión se producen sustancias depresoras del sistema nervioso central que lo hacen más débil para afrontar esta situación. No es porque se acumule más sangre en el estómago y haya menos en el cerebro.

La ingestión de alcohol ya que produce aumento de la temperatura corporal y también es depresor del sistema nervioso.

Tomar psicofármacos ya que producen disminución del estado de alerta, somnolencia, disminución de los reflejos y/o relajación muscular.

Sufrir un traumatismo previo a la entrada en el agua, por ejemplo al tirarse desde gran altura y no caer en una buena posición ya que el funcionamiento del corazón o del cerebro se puede ver alterado.

Los individuos de edad avanzada y con tendencia a una tensión baja ya que su corazón no aguantará.

## Cómo evitar la hidrocución

Evitando todos los factores de riesgo y haciendo siempre una entrada progresiva en el agua, sobre todo en las que estén más frías, para que nuestro cuerpo vaya disminuyendo su temperatura acercándose a la del agua en la que nos vamos a bañar; esto lo podemos conseguir permaneciendo un rato con los pies dentro del agua mientras vamos mojando a la vez diferentes partes de nuestro cuerpo como la nuca, las muñecas y el abdomen.

## Qué hacer si ocurre

Si notas alguno de los síntomas mencionados, debes salir del agua y acudir al socorrista o al centro sanitario. Si ves a una persona desmayada en el agua es importante sacarla cuanto antes para evitar el ahogamiento siempre que no sea peligroso.

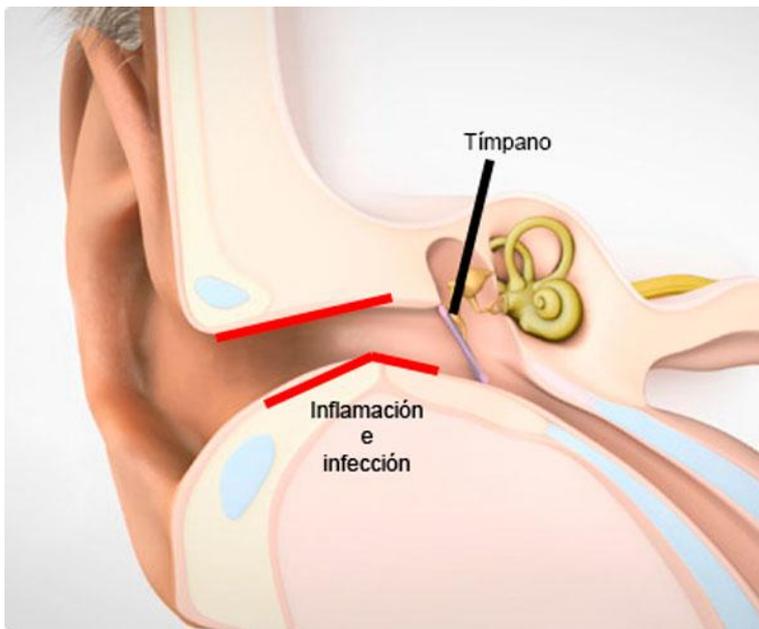
## Otitis externa en el buceador

La otitis externa o infección de la piel del conducto auditivo externo, es una de las afecciones más frecuentes en los buceadores; el contacto repetido con el agua produce una maceración de la piel del conducto que altera sus mecanismos de defensa, favoreciendo la proliferación de gérmenes, lo que origina inflamación local y secreción. Los síntomas principales de la otitis externa son picazón y dolor que generalmente empeora al tocar el pabellón auditivo y a veces acompañado de

supuración e hipoacusia o pérdida auditiva.

Los buceadores en general y más si se tiene predisposición a

estas otitis, pueden aplicarse antes y después de las inmersiones alguna solución con propiedades secantes y antisépticas, como el alcohol boricado o soluciones de ácido acético y alcohol.



## Calambres

Se trata de una contracción violenta, involuntaria y pasajera de un músculo o de un grupo de músculos. A pesar de que no tiene consecuencias graves (al cabo de un tiempo los músculos vuelven a la normalidad sin secuelas), lo cierto es que resultan muy dolorosos y pueden ocasionar una impotencia funcional pasajera.

La causa más importante y común del calambre es la falta de un entrenamiento previo adecuado antes de comenzar la inmersión, lo que conlleva que los músculos no se hayan desarrollado lo suficiente para ser capaces de soportar un trabajo prolongado.

Existen otras causas como la temperatura del agua.

Normalmente antes de que se produzca el calambre notaremos un dolor previo en la parte afectada; si es así deberemos suspender de inmediato cualquier movimiento y tratar de relajar la zona afectada.

Pero si el calambre se presentara de repente, lo primero que



debemos hacer es tratar de mantener la calma, respirar de manera pausada y suspender todo movimiento. Trataremos con ambas manos darnos un buen masaje a la zona afectada; para ello frotaremos enérgicamente y daremos pequeños golpes.

También a través de la seña de calambre podemos alertar a nuestro compañero para que nos ayude a estirar el músculo haciendo palanca en nuestra aleta y llevando la punta de ella hacia nuestro cuerpo, técnica que también la podemos realizar nosotros como autorescate.

La gran mayoría de los calambres que sufre el buceador se dan en las piernas y pies, principalmente en las pantorrillas y gemelos.

# Anotaciones:

# Anotaciones:

# ■ Descompresión.

## Historia de la teoría de la descompresión

La teoría de la descompresión del buceo tiene una historia larga e implicada. Algunas de las mentes científicas más grandes de la historia han estado involucradas al desarrollo de la teoría de la descompresión. A pesar de 350 años de estudio todavía hay muchos aportes de los primeros investigadores que todavía están vigentes en nuestros días. La historia de la descompresión comenzó en Inglaterra en el siglo XVII y luego saltó se amplió al resto de Europa y los Estados Unidos e implicó a algunos de los científicos más famosos del momento. Grandes mentes científicas como Robert Boyle, John Dalton y Paul Bert desempeñaron un papel muy importante en el establecimiento de algunas de las fundaciones de la teoría de la descompresión moderna.

### Robert Boyle:

Robert Boyle (1627-91), el físico y químico irlandés que nos dio la Ley que lleva su nombre, tan conocido por los estudiantes de buceo de todo el mundo, fue el primero de los grandes innovadores en medicina de buceo. En 1667, antes de que se conociera el buceo, Boyle había descubierto la enfermedad de descompresión cuando se encontraba estudiando el comportamiento de los gases y construyó una pequeña cámara de presión, para ver cómo reaccionaban los animales a

diferentes presiones.

Observó burbujas en el humor acuoso del ojo de una serpiente que fue expuesta a un proceso de vacío en el recipiente en que se encontraba. Fue la primera observación registrada de la formación de burbujas que conduce a la enfermedad de descompresión. Boyle lo registró en sus observaciones pero no tenía conocimiento profundo de por qué se había formado la burbuja.

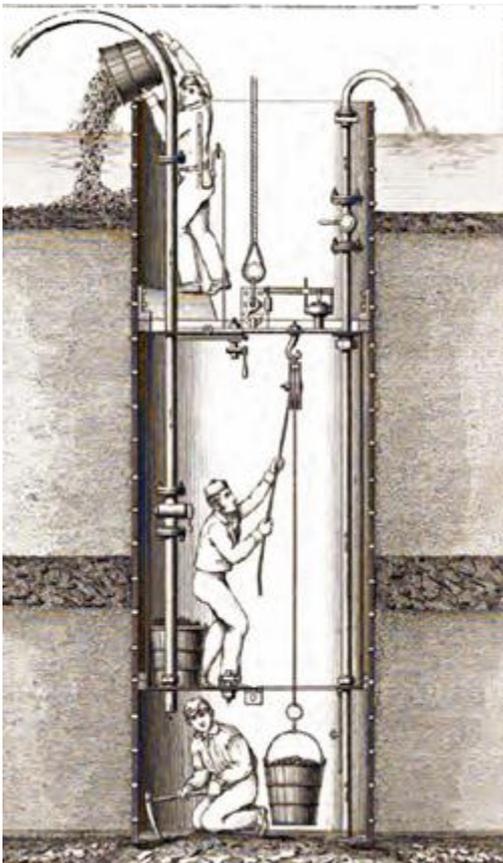
## Redescubrimiento

La enfermedad de la descompresión se redescubrió a principios del siglo XIX, aunque en ese momento aún no había una comprensión clara de la causa de la enfermedad. Los trabajadores involucrados en la minería, construcción de túneles o trabajos de construcción en recipientes subacuáticos presurizados, así como los primeros buzos de escafandra comenzaron a notar una variedad de síntomas al salir del túnel o la cámara de construcción o al ascender después de una inmersión.

En 1844 el Real Ingeniero Coronel Pasley (más tarde el Alcalde y General Sir William Pasley) se le asignó la tarea de limpiar el naufragio del HTMS Royal George que se había hundido en 1787 y estaba siendo un peligro para los buques de navegación al entrar en puerto Portsmouth (Reino Unido). Pasley decidió aprovechar la oportunidad para probar y evaluar el equipo de escafandra.

Durante este mismo tiempo las campanas de buceo fueron

aumentando de tamaño y se convirtieron en cámaras submarinas secas que permitían a varios hombres trabajar en un ambiente seco a profundidad.



En 1830 Lord Cochrane patentó el uso de aire comprimido para proporcionar un ambiente de trabajo lleno de aire bajo el agua o en minas o túneles que estaban por debajo del nivel de mar.

Estas áreas de trabajo secas y presurizadas se conocían como 'Caissons', en francés significa caja grande. Esta innovación simplificó en gran medida la tarea de construir puentes y túneles. Este diseño fue un gran avance en la ingeniería, ya que permitía a los trabajadores un fácil acceso desde la superficie y

la presión interior mantenía el área de trabajo seca. Se utilizó un bloqueo de aire para pasar los materiales dentro y fuera o para cambiar los turnos de trabajo. El uso del Caisson creció rápidamente cuando se emprendieron obras de ingeniería más grandes y más ambiciosas. Los hombres que trabajaban en estas grandes cajas eran conocidos como trabajadores de Caisson.

## Enfermedad de Caisson:

A medida que el uso del Caisson crecía, un gran número de trabajadores comenzaron a quejarse de síntomas similares a los encontrados por los buzos de escafandra. El trabajador de Caisson informó de una serie de síntomas, incluyendo mareos, dificultad para respirar dolor agudo en las uniones de las articulaciones, en extremidades y como también en el abdomen. Después de un período los síntomas se reducirían, pero el trabajador a veces se quedaba con síntomas que se negaban a desaparecer por completo. También se observó que aquellos que sufrieron la misteriosa enfermedad se sintieron mejor cuando regresaron al ambiente presionado de Caisson nuevamente. A medida que los proyectos se hicieron más grandes y las presiones laborales aumentaron, los ataques a la misteriosa enfermedad aumentaron, no sólo en número de víctimas, también en severidad, tanto que las fatalidades comenzaron a ocurrir frecuentemente.

El término «enfermedad del cajon» o enfermedad de Caisson se utilizó por primera vez en 1841 por un ingeniero francés minero llamado Triger que se dio cuenta de que los mineros de carbón que trabajan bajo presión atmosférica aumentada sufrieron de calambres musculares y dolores incluso después de regresar a la superficie.

La enfermedad de Caisson siguió afectando a los trabajadores a lo largo del siglo XIX. Durante la construcción del puente de

Brooklyn entre 1870 y 1883 tres personas murieron y el 15% de los que sufrieron síntomas se quedaron con algún nivel de parálisis permanente.

Fue durante la construcción de éste puente que el término “bends” o torcido, fue introducido por primera vez, porque los trabajadores a menudo tenían problemas para mantenerse erguidos.

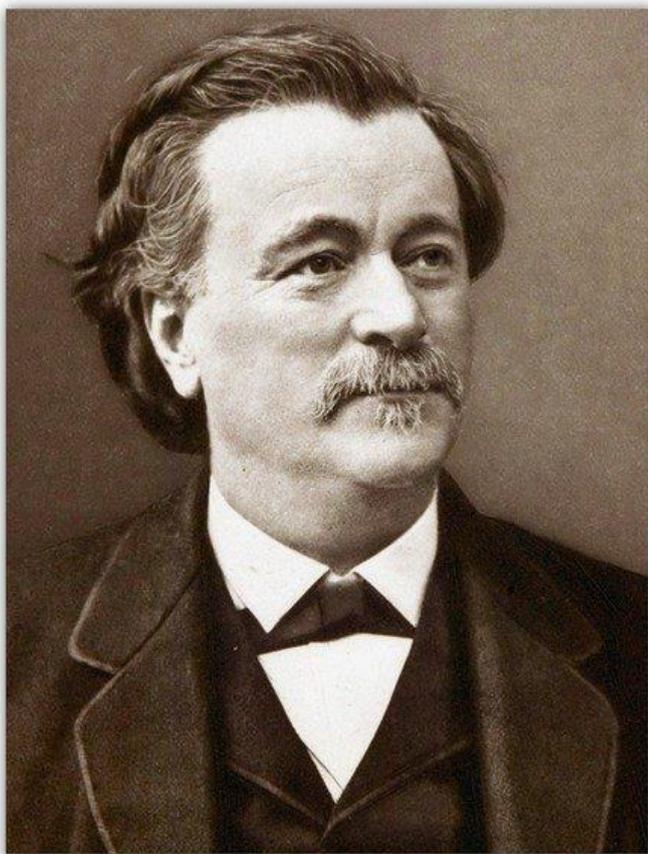
## **Paul Bert:**

Paul Bert nació en Auxerre, Francia en 1833, siempre quiso convertirse en ingeniero, pero cambió de opinión y luego estudió Derecho y finalmente se dedicó a la fisiología. Después de graduarse como doctor en medicina en 1863 y fue nombrado posteriormente como profesor de fisiología en Burdeos y la Sorbona. Después de la revolución de 1870 comenzó a participar en política y fue elegido para la cámara de diputados y como ministro de educación y culto. A principios de 1886 fue enviado a Indochina y nombrado residente general en Annam y Tonkin. Cinco meses después, en noviembre de 1886, Bert murió repentinamente de disentería en Hanoi. Tenía 53 años.

Fue mundialmente conocido como un hombre de ciencia, más que como un político o administrador. También se le recuerda por su trabajo en “La Presión Barométrica” (1878), que sentó las bases del conocimiento sobre los efectos fisiológicos de la presión atmosférica, tanto por encima como por debajo de la

presión atmosférica.

Se interesó por los problemas que causaba la baja presión de aire para los escaladores de montaña y los globos aerostáticos. Esto lo llevó a estudiar los problemas que los buzos tenían con el aumento de la presión también. Revisó los informes actuales de investigación en esta área. Se sintió especialmente impresionado por las experiencias que el Dr. Alphonse Gal tuvo al bucear en Grecia. El Dr. Gal fue el primer Doctor en practicar buceo para



estudiar el cuerpo y cómo reacciona bajo el agua. Estudió las experiencias de buceo de Gal y los informes sobre los buzos que fueron heridos o muertos

La investigación y los experimentos que hizo, lo llevó a la conclusión de que la presión no afecta tan físicamente, sino químicamente cambiando las proporciones de oxígeno en la sangre y que son menores los efectos de disminución de oxígeno en

relación al envenenamiento del Sistema Nervioso Central (SNC) por su aumento. Mostró que el oxígeno puro a alta presión puede ser mortal hasta el día de hoy.

Su descubrimiento más importante fue sobre el efecto del nitrógeno a alta presión, que por primera vez explicó los conceptos básicos de la descompresión. Para investigar las causas de la enfermedad de descompresión, expuso a 24 perros a una presión de nueve bares (equivalente a una profundidad de 80 metros) y los descomprimió rápidamente en no más de cuatro minutos. El resultado fue que 21 perros murieron, mientras que solo uno no mostró síntomas.

Sus experimentos mostraron que una vez manifestados, los síntomas podrían aliviarse volviendo a estar bajo la presión del aire comprimido del Cajón o Túnel y luego descomprimiendo al paciente lentamente. Esto fue claramente el comienzo de la terapia de recompresión.

Bert intentó explicar por qué el oxígeno funcionaba cuando trataba a los trabajadores que tenían síntomas de descompresión. Manifestó que pensaba que si el sujeto respiraba un gas que no contiene nitrógeno, oxígeno puro por ejemplo, la difusión tendría lugar mucho más rápidamente o quizás sería incluso lo suficientemente rápida para hacer que todo el gas nitrógeno desapareciera de la sangre.

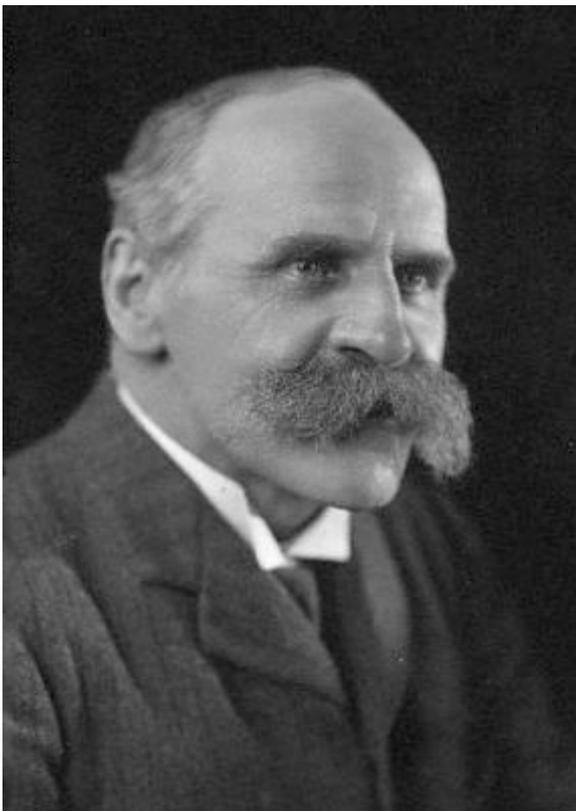
## John Scott Haldane

John Scott Haldane nació en Edimburgo, Escocia, en una familia notable. **Es considerado el padre de la descompresión moderna, y fue el primero en acercarse al entendimiento de la descompresión y sus métodos fueron la base de la mayoría de**

## las teorías modernas.

Después fue transferido a la Universidad de Oxford en Inglaterra y dio clases sobre medicina y realizó investigaciones médicas. En 1906, en colaboración con J.G. Priestley, descubrió que el reflejo respiratorio es desencadenado por un exceso de dióxido de carbono en la sangre en lugar de una falta de oxígeno.

Haldane se convirtió en una autoridad sobre los efectos de las enfermedades pulmonares en los trabajadores industriales, fue Director del Laboratorio de Investigación Minera en Doncaster y fue conocido por los mineros en Yorkshire como el Doctor.



Haldane y su esposa vivieron en la misma casa en Oxford durante cincuenta años. La residencia Haldane era una casa increíble y más tarde se convertiría en parte de Wolfson College. Haldane a menudo trabajaba en casa: tenía un estudio en el ático así como un laboratorio completo con una cámara de presión para exponer a sus sujetos de prueba a los efectos de los gases bajo presión.

Fundó el Diario de Higiene y fue aquí donde se publicaron las

primeras tablas de descompresión de buceo.

Es el más recordado por su trabajo en la descompresión, especialmente entre los buceadores. En 1905 fue elegido por el Comité de Buceo Profundo de la Royal Navy para llevar a cabo investigaciones sobre varios aspectos de sus operaciones de buceo. Su investigación más importante fue buscar formas de evitar los 'bends' o enfermedad de caisson como era en todo el mundo conocido.

Como había investigado Paul Bert, los trabajadores en las áreas de construcción presurizadas conocidas como cajones, a veces se quejaban de dolor en sus articulaciones. Muchos sufrieron parálisis total y también hubo muchas veces muertes. Después de investigar sugirió que los gases, respirados bajo presión, se estaban difundiendo en los tejidos del cuerpo y cuando estos gases salieron, formarían burbujas en el cuerpo que llamamos ahora, enfermedad de descompresión (ED)

Haldane comenzó a experimentar con cabras porque son de un tamaño similar de humanos. Él encontró que el cuerpo podía tolerar una cierta cantidad de exceso de gas sin efectos malos aparentes. Los trabajadores del cajón presurizados a 2 atmósferas (10m) no experimentaron ningún problema en absoluto, no importa cuánto tiempo trabajaron por lo cual estableció que se podía reducir la presión ambiente a la mitad sin problemas de formación de burbujas. De manera similar, las cabras saturadas a 6 atmósferas (50 m) no desarrollaron AD si

se descomprimieron a la mitad de la presión ambiente.

Haldane sugirió que consideremos al cuerpo como un grupo de tejidos que absorbe y libera gases a diferentes velocidades, con el fin de explicar estas observaciones. **Propuso cuatro principios básicos:**

1. La absorción o eliminación de un gas en un determinado tejido ocurre de manera exponencial.
2. La tasa de saturación varía de tejido en tejido.
3. La descompresión debe ser iniciada a través de una gran disminución de la presión ambiente.
4. La presión de un gas en un tejido no debe ser mayor que aproximadamente el doble de la presión ambiente.

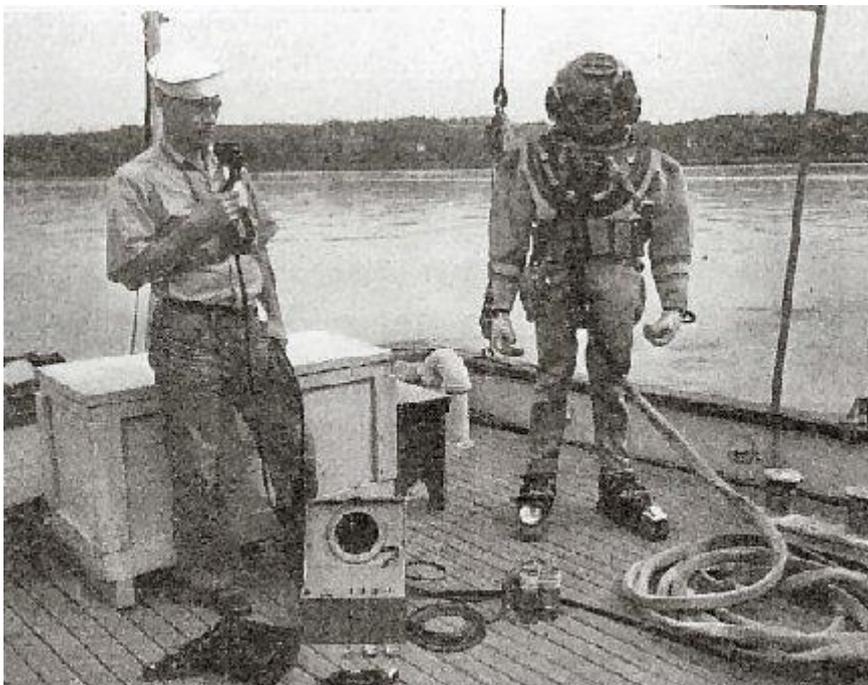
Haldane también desarrolló tablas de buceo basadas en su investigación que incluyen velocidades de ascenso más lentas a medida que los buzos se acercan a la superficie. Sus conclusiones fueron universalmente aceptadas en todo el mundo y se convirtió en la base de todas las operaciones de buceo, tanto en el Reino Unido como en el extranjero. Sus tablas de buceo de fueron publicadas en 1908.

Fue enviado en 1915 para investigar el gas venenoso usado por los alemanes en Francia. Durante su investigación sobre estos gases terminó respirando muestras de estos gases mientras probaba nuevos diseños de máscaras. El resultado de este trabajo fue que él desarrolló una de las primeras máscaras de

gas efectivas que salvaron miles de vidas.

Haldane murió de neumonía en 1936 tenía 75 años de edad. Sus pulmones nunca se habían recuperado de su experimento durante la Primera Guerra Mundial.

Antes de 1912, los buceadores de la Armada de los Estados Unidos rara vez habían buceado por debajo de los 18 metros. En ese año el artillero principal jefe George D. Stillson propuso que la marina de guerra de los EEUU estudie el trabajo de Haldane para permitir a buceadores sumergirse con seguridad debajo de 18 metros, así que fijó un programa para probar las tablas de buceo de Haldane y los métodos de la descompresión en toda su



etapa.

Otro objetivo del programa fue desarrollar mejoras en equipos y procedimientos de buceo de la Marina. La primera prueba se hizo en tanques en tierra y luego en aguas abiertas en Long Island

Sound desde el USS Walke, los buzos comenzaron a bucear más y más profundo hasta llegar finalmente a 83 metros.

Stillson también probó los efectos usando oxígeno puro durante la descompresión, el resultado fue que la Armada de Estados

Unidos publicó sus propias tablas de buceo en 1915 que eran conocidas como la C & R como fueron publicadas por la Oficina de Construcción y Reparación.

En el principio de 1917 las habilidades de Stillson fueron convocadas cuando un submarino de los EEUU se hundió cerca de Honolulu, Hawaii y 22 hombres perdieron la vida.

Los buceadores de la marina estadounidense rescataron el submarino y recuperaron los cuerpos de la tripulación. Este esfuerzo extremo mejoró muchas nuevas habilidades y técnicas, pero lo más notable fue que un buceador de la Marina de los Estados Unidos completó una inmersión a la profundidad extrema de 92m / 304fsw, utilizando aire como gas respiratorio. Estas inmersiones siguen siendo el récord para el uso del aire para el buceo de profundidad.

En 1960 el Dr. Robert Workman capitán de la unidad de buceo de la US Navy realizó una importante labor revisando sistemáticamente los modelos existentes así como todas las investigaciones anteriores que se habían realizado por la Marina de los EE.U y estableciendo nuevos conceptos como valores M.

En su revisión, Workman observó que la proporción propuesta por Haldane en que un tejido toleraba una cierta sobrepresión variaba en el tiempo- medio de cada compartimento y en cada profundidad. Los datos mostraron que los compartimentos con un tiempo- medio más rápido admitían más sobrepresión que los tejidos más lentos, y que para todos los tejidos, los ratios de

tolerancia a la sobrepresión eran más bajos a medida que aumentaba la profundidad. Entonces, en lugar de utilizar ratios, Workman llamó a la presión parcial máxima tolerada de nitrógeno y helio para cada tejido y cada profundidad como valor M. A continuación, creó una gráfica lineal con estos valores M en función de la profundidad y encontró que coincidía con los datos reales. Determinó, pues, que una proyección lineal de los valores M sería útil para los programas informáticos.

Otro investigador con un aporte muy importante al buceo fue el Profesor Spencer descubriendo en el año 1976 y a través de un detector por ultrasonido Eco-Doppler la presencia de nitrógeno en fase libre en un buceador después de cada inmersión. Este hallazgo obliga a replantear los modelos de descompresión que hasta el momento tomaba en cuenta al nitrógeno en fase disuelta y no en forma de gas libre como microburbujas.

## Profesor Albert Buhlman

Buhlmann comenzó sus estudios en la descompresión en 1959 en el Hospital Universitario de Zurich en el Laboratorio de Fisiología Hiperbárica, su investigación durante más de treinta años hizo una serie de importantes contribuciones a la ciencia de buceo.

La mayor parte de su vida su principal interés era el buceo profesional profundo. [En 1959 supervisó inmersiones experimentales a una profundidad de 120 m en el lago de Zurich](#)

utilizando mezclas de gas TRIMIX y cambios de mezcla durante la descompresión. En los próximos dos años demostró los resultados prácticos de su investigación con inmersiones simuladas a 300 metros. En los años siguientes Buhlmann trabajó con la US Navy la cual financió una serie de inmersiones experimentales en un rango de 150 a 300 metros. Buhlmann también trabajó con Shell Oil, quienes estaban interesados en las implicaciones prácticas de su investigación, ya que podrían aplicarse a inmersiones comerciales involucradas con hidrocarburos submarinos.

## ■ Paradas de descompresión y velocidad de ascenso

Haldane no solo tomó en cuenta las paradas de descompresión en el proceso de la descompresión, sino que también hizo hincapié en la velocidad de ascenso, la cual era de crucial importancia ya que permitía una lenta salida del gas disuelto de los tejidos. Para ello determinó que esta velocidad de ascenso debería ser de entre 1,5 a 9 metros por minuto. Esta velocidad de ascenso mantuvo su vigencia por casi 40 años hasta que, a mediados del siglo pasado, el Comandante Fane de la Armada de los Estados Unidos de Norte América, estimó que esta velocidad era muy lenta y propuso realizar una velocidad de ascenso de 30 metros por minuto. Esta propuesta no fue aceptada por los buzos que utilizaban el traje de buceo pesado con escafandra, y empíricamente, finalmente la Armada de los Estados Unidos de Norte América estableció que la velocidad de

ascenso fuese de 18 metros por minuto.

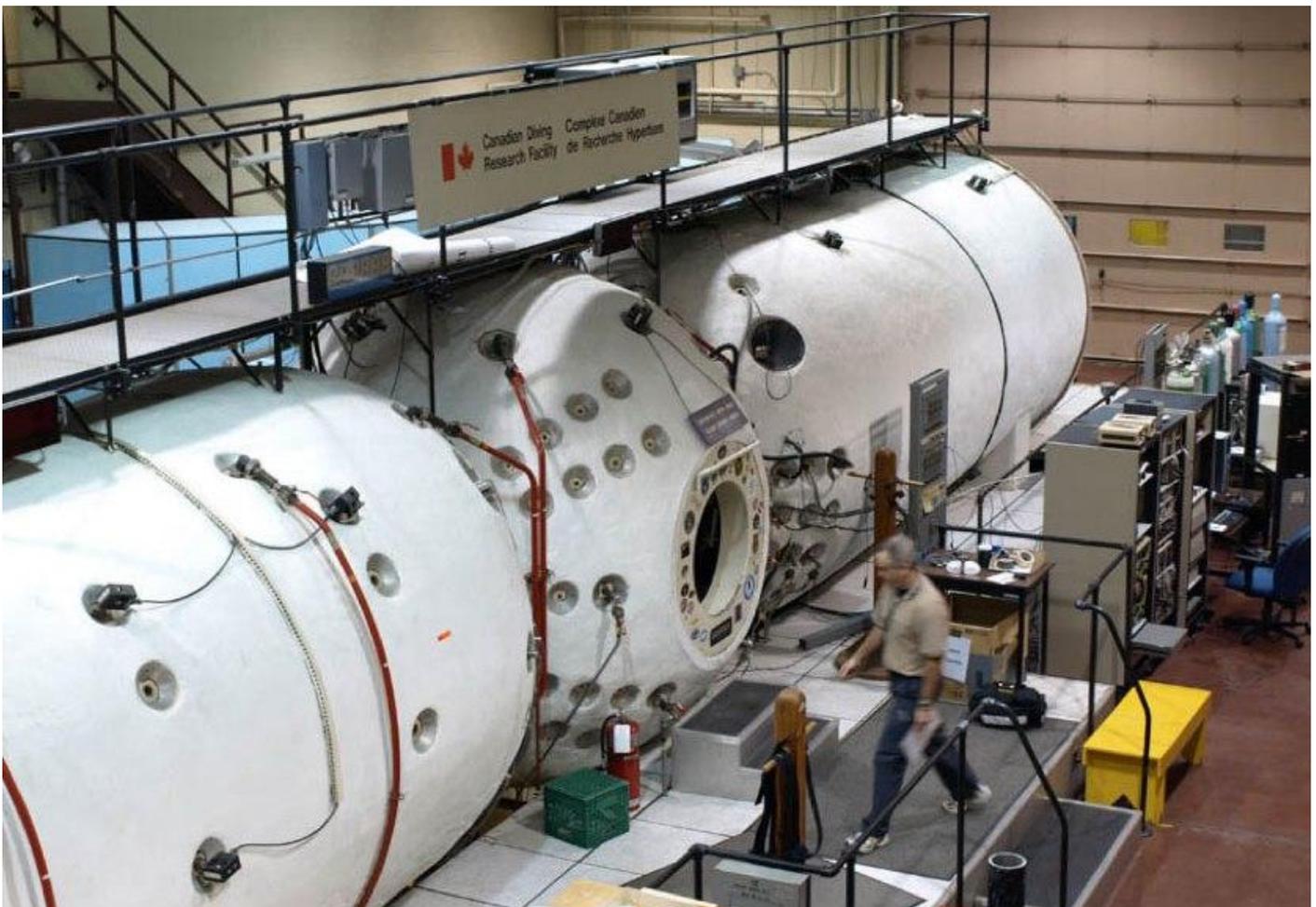
Durante los siguientes 20 años se utilizó esta velocidad de ascenso en casi todo el mundo, debido a que las tablas de descompresión de la Armada de los Estados Unidos de Norte América tenían una baja incidencia de enfermedad de la descompresión. Esto funcionaba muy bien para los buceo cortos y poco profundos, pero se empezó a observar que en los buceos profundos y por un largo tiempo de fondo, la incidencia de enfermedad de la descompresión aumentaba notablemente, lo que implícitamente significaba que el ascenso a la superficie después de haber realizado este tipo de buceo, requería una velocidad de ascenso mucho menor.

Fue así que, en la década de 1970, el profesor suizo A. Buhlmann volvió a los conceptos de principio de siglo y elaboró nuevas tablas de descompresión reduciendo la velocidad de ascenso a un máximo de 10 metros por minuto. Para realizar los cálculos matemáticos, incrementó los tiempos de media saturación de los tejidos de 6 a 16, que iban desde 4 minutos a 635 minutos. Estas nuevas tablas Buhlmann se hicieron muy populares en Europa y posteriormente en los EE.UU.

En el año 1993 la Armada de los Estados Unidos reduce la velocidad de ascenso y la establece en 9 metros por minuto.

## DRDC (Defence Research Development Canada)

DRDC (Defensa, Investigación y Desarrollo de Canadá) Toronto se remonta a 1939 cuando el Departamento de Defensa Nacional (DND) reconoció la importancia de la medicina ambiental y el desempeño humano en la defensa de Canadá, particularmente en las áreas de la aviación y la medicina submarina. Justo antes del comienzo de la Segunda Guerra Mundial, Sir Frederick Banting comenzó estudios de laboratorio en fisiología de la presión en el Banting and Best Institute de la Universidad de Toronto, donde se estableció la primera cámara de descompresión para estudios humanos en Canadá.



En un intento por consolidar la investigación de factores humanos en las Fuerzas Canadienses, el Instituto de Defensa y Civil de Medicina Ambiental (DCIEM) se estableció en abril de 1971 en Toronto, adyacente al sitio de la Base Canadiense de las Fuerzas de Toronto. Con una combinación de personal de investigación militar y civil, DCIEM abordó las necesidades operativas de las Fuerzas Canadienses en todos los entornos. Muchas instalaciones únicas se desarrollaron en DCIEM, incluida una centrífuga humana para la investigación en medicina aeronáutica, cámaras hipobáricas (1954) e hiperbáricas (1977), y cámaras climáticas frías y calientes.



Originalmente diseñado como un complejo de buceo de saturación, la Instalación de investigación de buceo (DRF) en DCIEM tiene cámaras húmedas y secas con un bloqueo de transferencia que une las dos cámaras principales. Tiene una capacidad de hasta 26 personas y se ha utilizado principalmente en la validación de las tablas de descompresión DCIEM. [A mediados de la década de 1960, DCIEM desarrolló el modelo de descompresión en serie de Kidd / Stubbs. Este modelo se evaluó y modificó continuamente durante los próximos 20 años, y en 1984 se publicó un conjunto revisado de tablas de descompresión para inmersiones individuales y repetitivas en aire comprimido, sobre la base de miles de inmersiones evaluadas por Doppler que evalúan la formación de burbujas.](#)

Hoy en día, las Fuerzas Armadas Canadienses y otras armadas extranjeras, organizaciones de buceo comerciales, y organizaciones civiles y buzos recreativos utilizan las tablas de descompresión DCIEM para reducir el riesgo de enfermedad por descompresión, comúnmente llamadas "curvas".

DCIEM pasó a llamarse Defende Research Development Canadá (DRDC) Toronto en 2001. En octubre de 2014, el instituto celebró 75 años de excelencia en Investigación de Defensa Canadiense en medicina ambiental y desempeño humano.

## ■ Modelo Descompresivo RGBM

Reduce gradient Bubble Model- Modelo de Gradiente Reducido de la Burbuja - Modelo de 2 fases (fase disuelta + micro-núcleos preexistentes)

Algoritmo del Dr. Wienke basado en la teoría de la mecánica de las burbujas, que tiene en cuenta tanto los gases en estado libre (teoría de los micronúcleos) como los gases en estado disuelto (teoría de Haldane).

Algunas de las características de este algoritmo RGBM son:

1. El Modelo de 2 Fases introduce el concepto de paradas profundas.
2. El gas se incorpora durante la inmersión (difunde por ley de Henry).
3. Existen previos a la inmersión micro-núcleos de 1 micrón (1/3 del tamaño del glóbulo Rojo), también llamados semillas (todavía se desconoce su origen), los mismos permanecen estables a presión constante pero cuando varía el gradiente de presión, puede variar su tamaño.

### **El modelo RGBM considera distintos factores:**

1. Nacimiento de la Burbuja.
2. Gas disuelto en nuestro cuerpo.

3. Excitación del micro-núcleo desde la fase libre y el disuelto en tejidos.
4. La agregación de burbujas.
5. El daño y la isquemia (paso anterior a la necrosis del tejido), causada por la agregación de burbujas.

En síntesis RGBM tiene como objetivo controlar o minimizar el crecimiento de las burbujas. El enfoque de la fase doble considera tanto al gas disuelto como el gas en estado libre para que los buzos puedan realizar su descompresión en una amplia variedad de condiciones: Multidía, Multinivel, No-deco, Paradas Deco, Mezclas de Gases, Saturación, Altitud.

## La Física Correcta

1. Coalescencia o agregación: unión de burbujas convirtiéndose en una más grande
2. Tribonucleación : variación de la velocidad por rozamiento en las paredes de las venas, arterias y todos los tejidos en general, fundamentalmente cuando desvían la dirección o sentido de la circulación
3. Cavitación: crecimiento de la burbuja por agitación.

RGBM y el Protocolo de Parada de Seguridad Profunda de Nauti.

Regla de los medios : se aplica en todo buceo deportivo “no descompresivo”, que sean más profundos de 12 metros. El buzo se detiene por 1 minuto a la mitad de la máxima profundidad (presión hidrostática) alcanzada en ese buceo, luego de esa parada se asciende a una presión menor.

La parada de seguridad normal a 5 metros entre 3 y 5 minutos también se incorpora como reglamentaria.

## Recomendaciones finales

El Dr. Wienke recomienda algunos procedimientos que pueden ser seguidos para aumentar el margen de seguridad en nuestros buceos:

1. No realice más de 3 buceos sucesivos por día.
2. Evite buceos sucesivos, y/o en días consecutivos con profundidades crecientes. Realice siempre primero el buceo más profundo.
3. Espere 12 Horas antes de volar después de cualquier buceo, o 24 Horas si la actividad de buceo fue intensa.
4. Evite ascensos múltiples a superficie y buceos cortos sucesivos (“Spike Diving”) con intervalos de superficie inferiores a 1 Hora.
5. Se recomienda, para buceos sucesivos, intervalos de superficie superiores a 1 Hora.

6. No bucee en altitudes superiores a 3000 Mts. usando las tablas de buceo convencionales con las modificaciones para altitud.

Realice buceos conservadores. Las tablas y computadoras de buceos no son a prueba de Dolencia Descompresiva.

# Anotaciones:

# Anotaciones:

## **Tablas del DRDC (Defence Research Development Canada).**

En 1962, el cirujano canadiense D. J. Kidd y el científico de la fuerza aérea R. A. Stubbs iniciaron una serie de buceos experimentales tratando de crear una computadora de buceo que suministrara informaciones instantáneas de descompresión para buceos sucesivos y multi-nivel. En aquella época este era un concepto revolucionario. Kidd y Stubbs comenzaron modelando las tablas de buceo de la U. S. Navy con un modelo tradicional de Haldane, usando compartimientos en paralelo para simular los distintos tejidos del cuerpo. El método empleado era bucear de acuerdo con el modelo y, cuando aparecieran síntomas de DD, alterar los parámetros del modelo volviéndolo más conservador.

Ellos desarrollaron diversas variaciones del modelo, mejorando su seguridad en cada interacción.

Durante este proceso ellos percibieron que el cuerpo humano es mejor representado a través de un grupo de compartimientos dispuestos en serie.

El modelo final contenía 4 compartimientos conectados en serie. Los estudios de Kidd y Stubbs incluían perfiles variados de buceo – buceos con perfil cuadrado (profundidad constante), buceos de profundidad variable, y buceos sucesivos. Ellos también realizaron buceos experimentales con la finalidad de provocar AD a buceadores voluntarios, de modo de revelar los

límites del modelo con referencia al AD. Actualmente este procedimiento no sería permitido por los comités de ética que supervisan experimentos de esa naturaleza.

En el año 1967 tenían realizados más de 5000 buceos experimentales para la consolidación del modelo de Kidd y Stubbs. En 1971 Stubbs ajustó los parámetros del modelo para mejorar la seguridad de buceos a gran profundidad (de 60 a 90 Mts.). En este mismo año el modelo Kidd-Stubbs fue aprobado en Canadá como una alternativa más segura que las tablas de la U. S. Navy.

Hasta 1986 el DRDC había realizado más de 12000 buceos experimentales para completar la veracidad del nuevo modelo. En aquella época fue desarrollado un conjunto de tablas para uso de los buceadores de las fuerzas canadiense. En 1990 el DRDC publicó tablas para uso en buceos de placer y la PDA se ha basado en ellas para el desarrollo de sus tablas.

## ■ Definición de términos para la planificación con Tablas.

**Tiempo real de fondo:** tiempo total en minutos desde el inicio del descenso hasta el inicio del ascenso.

**Nitrógeno Residual:** es el nitrógeno que ha quedado en el cuerpo del buceador después del buceo. Según la Tabla DRDC PDA después de 18 horas de realizado un buceo, se elimina

totalmente el nitrógeno residual.

**Grupo de Repetición:** es una letra utilizada en las tablas que indica la cantidad de nitrógeno residual en el cuerpo luego de un buceo.

**Buceo Repetido:** es el buceo realizado a partir de los 15 minutos de finalizado el anterior. Los buceos realizados antes de un intervalo de 15 minutos son considerados como un solo buceo.

**Límite de no descompresión:** es el tiempo máximo que se puede estar a una determinada profundidad sin tener que realizar descompresión obligatoria.

**Parada de descompresión:** es la profundidad y el tiempo especificado por tabla, el cual el buceador se debe detener durante el ascenso antes de llegar a superficie.

**Cédula de buceo:** es la relación de profundidad y tiempo total del buceo, expresado en tabla. Si he buceado a 22 metros durante 23 minutos, mi cédula de buceo según tabla será de 25 metros/24 minutos "E".

**Velocidad de ascenso:** es la velocidad que el buceador implementará para todos sus ascensos, pudiendo ser más lenta aún en los últimos 5 metros.

El DRDC publicó un conjunto de 3 tablas para buceos con aire comprimido a nivel del mar.

## Tabla A

La tabla A suministra: Límites no descompresivos para buceos no-sucesivos, Grupos de Repetición. Los límites no descompresivos son los tiempos máximos de fondo, expresados en minutos, que un buceador puede permanecer a una determinada profundidad sin la necesidad de realizar una parada de descompresión antes de emerger. **Para determinar los límites no descompresivos para una determinada profundidad, entre horizontalmente en la tabla A, en la línea de la profundidad deseada. El mayor número encontrado es el límite No descompresivo para esa profundidad.** La letra ubicada inmediatamente a la derecha de cada tiempo de fondo es el Grupo de Repetición para ese perfil (profundidad, tiempo). Estos grupos de repetición NO SON equivalentes a los grupos de repetición existentes en otras tablas. El grupo de repetición es determinado de acuerdo con el tiempo de fondo del buceo e indica una determinada cantidad de nitrógeno residual disuelto en nuestro cuerpo después del buceo. Si para un determinado buceo no fuese posible determinar el grupo de repetición, espere como mínimo 18 horas antes de realizar otro buceo.

## Tabla B

La tabla B suministra el nitrógeno residual mediante un Factor de

Repetición (FR). Para obtenerlo, usamos el Grupo de Repetición obtenido de nuestro último buceo y nuestro intervalo de superficie antes del próximo buceo. Conforme aumenta el intervalo de superficie, disminuye el Factor de Repetición hasta el valor mínimo de 1.0. En ese momento el buceador es considerado libre de nitrógeno residual y puede planear su próximo buceo a partir de la tabla A. Si el Factor de Repetición fuera mayor que 1.0, ese buceo es considerado un buceo sucesivo y debe ser planeado de acuerdo con los límites no-descompresivos presentes en la tabla.

## Tabla C

La tabla C suministra los límites no descompresivos para buceos sucesivos. Para localizar estos límites para una dada profundidad, basta localizar la intersección de la profundidad deseada con el Factor de Repetición obtenido en la tabla B.

## Tabla D

La tabla D es utilizada para buceos en altura, convierte la profundidad actual a una profundidad efectiva que corresponda a una profundidad a nivel del mar que pueda ser usada en las tablas A y C. Esta corrección es necesaria debido a la menor presión atmosférica cuando realizamos buceos en altura. Para obtener la profundidad efectiva, basta determinar la altura del lugar de buceo y sumar a la profundidad actual el valor de corrección correspondiente en la tabla D.

## Buceo de altura

Otra ventaja en las Tablas DRDC es la Tabla de Corrección de Profundidades para buceo en altura (Tabla D).

Esta TABLA D de buceos en altura es vital para aquellos que bucean en altitudes de 300 Mts. o más. Para obtener la profundidad efectiva, basta determinar la altitud del lugar de buceo y sumar a la profundidad actual el valor de corrección correspondiente en la Tabla D.

## Buceo y Avión

Cada año, particularmente en la época previa a las vacaciones, surge la ilusión por volar a destinos paradisíacos –más cercanos o más lejanos– para practicar el buceo. Pero ojo, que algunos de los cambios asociados a los aviones pueden tener importantes repercusiones sobre nosotros, los buceadores.

### A tener en cuenta en el vuelo de ida:

En el vuelo de ida hay que observar que los cambios del huso horario, y el jetlag, provocan un desajuste en nuestro biorritmo, que con frecuencia conlleva cansancio, abatimiento o incluso agotamiento, reduciendo nuestra capacidad de reacción y concentración. Cuando la diferencia en el huso horario es grande (particularmente en los vuelos en dirección este), la adaptación del biorritmo puede requerir incluso varios días. **En cualquier caso debería de observarse, como mínimo, una noche de buen**

descanso entre el vuelo y la primera inmersión. También es muy recomendable beber abundante líquido durante el vuelo, ya que la deshidratación puede favorecer la aparición de la narcosis de nitrógeno y de la enfermedad de los buzos.

## A tener en cuenta en el vuelo de vuelta:

Hay que partir de que después de toda inmersión, tendremos microburbujas de nitrógeno no liberadas en nuestro cuerpo. Por lo general, es necesario que transcurran más de 24 horas desde la última inmersión, hasta que se establezca un equilibrio entre el gas inerte nitrógeno y la presión atmosférica, esto es, hasta que se complete el proceso de desaturación. Al final de unas vacaciones de buceo prolongadas, con muchas inmersiones realizadas puede que sea necesario que transcurran hasta 3 días –dependiendo de las circunstancias– hasta que los tejidos de desaturación lenta (como los tendones, cartílagos, ligamentos, etc.) hayan eliminado todo el nitrógeno residual. Es importante saber que la cabina de los aviones suele estar presurizada a unos 0,7 a 0,8 bares (en función del tipo de avión) y ello significa que el nitrógeno en fase disuelta en los tejidos de podrá formar burbujas y el nitrógeno en fase gaseosa o microburbujas pueden por despresurización aumento el tamaño de las mismas de forma parecida a lo que ocurre en el buceo en altitud y dar inicio a la enfermedad por descompresión. En estos casos, es frecuente que se potencien los síntomas preexistentes, incluso aquellos que a priori no se habían

identificado como síntomas de una posible descompresión (por ejemplo dolores articulares, picor de piel).

También son perjudiciales las vibraciones, que pueden producirse particularmente en los aviones pequeños y en los helicópteros. ¡Sólo hay que pensar en una botella de champán que se agita antes abrirla! Con el descenso de la presión en la cabina, se produce una pérdida de la presión parcial del oxígeno, pudiendo ser tolerable para cualquier persona pero puede suponer un grave problema para un buceador con alta saturación de nitrógeno. Además, la humedad relativa del aire en la cabina (habitualmente inferior al 15%) contribuye a una mayor deshidratación, ocasionando una pérdida de líquido mediante la respiración.

### **Generalmente podemos establecer:**

Cuanto más tiempo transcurra entre el vuelo y el buceo, mejor. El Divemaster tendrá la obligación de estar atento a éstas informaciones y transmitirle a los buceadores dicha recomendación. **Como norma general, PDA recomienda no bucear durante 24 horas antes de tomar un avión. Y este intervalo debe incrementarse, por motivos de seguridad, a 48 horas, en el caso de las inmersiones que requieran descompresión, las series prolongadas de inmersiones o en el caso de haber omitido alguna parada de descompresión.** El transporte después de un accidente de descompresión nunca debería ser previo a un intervalo de 48 horas desde que hubieran

desaparecido todos los síntomas, y siempre bajo las indicaciones del médico especialista en medicina del buceo que esté tratando al paciente. Los transportes aéreos para llevar al paciente a una cámara hiperbárica deberán realizarse bajo administración de oxígeno al 100% para respirar y únicamente en una aeronave Learjet del servicio de rescate aéreo (con una presurización de cabina de 1 bar). O bien en helicóptero, no superando una altura de vuelo de 300 m.

## **Tablas DRDC PDA**

Las tablas de la Professional Diving Association son basadas en las prestigiosas tablas DRDC y poseen fundamentalmente algunas disminuciones de tiempo de fondo tanto en buceos simples como repetidos y una disminución de la velocidad de ascenso original.

## **Tipos de perfiles de buceo**

Tenemos diferentes perfiles de buceo para utilizar en nuestras planificaciones y que muchas veces van a estar determinados por el tipo de fondo o paredes de nuestros lugares de buceo.

### **Perfil cuadrado:**

Uno de los más utilizados es el perfil cuadrado y consiste en realizar un buceo alcanzando inicialmente la mayor profundidad programada y permanecer en ella para luego iniciar el ascenso

Este perfil será el usado en zonas de buceo donde no hay paredes o naufragios en las que podamos bucear e ir ascendiendo progresivamente. Siempre tendremos que estar a una distancia del fondo que nos permita tener visibilidad y no nos podemos alejar demasiado.

### **Buceo multinivel:**

Es un perfil donde el buceo se realiza en diferentes segmentos de profundidad. El buceo multinivel, aunque sea hecho con una computadora debe tener profundidades progresivamente menores siendo recomendados ascensos mínimos de 6 metros entre un nivel y otro.

Existen otros perfiles de buceo totalmente desaconsejados como el perfil inverso o el perfil yo-yo o diente de sierra.

Buceo con perfil inverso es aquel donde se alcanza la mayor profundidad en el medio o al final del buceo. El buceo con estas características más común es aquel que se hace para buscar algo que se perdió antes de ascender o para soltar un ancla enganchada.

Perfil serrucho son los descensos y ascensos sucesivos, como para saber la ubicación de la playa o el barco. Son perfiles que exponen también al buzo a la enfermedad por descompresión, pues con la disminución de presión, pequeñas burbujas son liberadas en los capilares y si hubiese otro aumento de presión, esas burbujas permanecen en el organismo juntándose con otras provenientes de otro ascenso y ocasionar el accidente.

## Tabla PDA 1



### AIR Diving Tables

A: Tabla de Buceo con Aire

Profund. (metros)	Tiempo de no descompresión (minutos)						
6m	30 A 60 B	90 C 120 D	150 E	180 F	240 G	300 H	
9m	30 A	45 B 60 C	90 D 100 E	120 F	150 G	180 H	190 I
12m	22 A	30 B 40 C	60 D	70 E	80 F	90 G	120 H
15m	18 A	25 B	30 C	40 D	50 E	60 F	
18m	14 A	20 B	25 C	30 D	40 E	50 F	
21m	12 A	15 B	20 C	25 D	35 E		
24m	10 A	13 B	15 C	20 D	25 E		
27m	9 A	12 B	15 C	20 D			
30m	7 A	10 B	12 C	15 D			
33m	6 A	10 B	12 C				
36m	6 A	8 B	10 C				
39m	5 A						

- **VELOCIDAD DE ASCENSO:** 9 metros por minuto.
- **PARADAS DE SEGURIDAD:** Se recomienda realizar una parada de seguridad a los 5 metros durante 3 minutos en todos los buceos a partir de los 9 metros.
- **BUCEOS SUCESIVOS:** Serie diaria máxima de 3 buceos. Finalizar la serie con un buceo en profundidad máxima a los 9 metros.

- **TABLA B:** Mínimo tiempo en superficie.
- **TABLA C:** Límite de tiempo para buceo sucesivo.
- **TABLA D:** Corrección de profundidades requeridas para altitudes mayores a 300 metros.

Tablas de Descompresión basadas en las Tablas de Defense Research And Development of Canada - DRDC

## Tabla PDA 2

B: Intervalos en Superficie											
Grupo de rep.	0:15 ↘ 0:29	0:30 ↘ 0:59	1:00 ↘ 1:29	1:30 ↘ 1:59	2:00 ↘ 2:59	3:00 ↘ 3:59	4:00 ↘ 5:59	6:00 ↘ 8:59	9:00 ↘ 11:59	12:00 ↘ 14:59	15:00 ↘ 18:00
A	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
B	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
C	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
D	-	-	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
E	-	-	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
F	-	-	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0
G	-	-	-	-	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0
H	-	-	-	-	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1	1.1
I	-	-	-	-	1.7	1.5	1.4	1.3	1.1	1.1	1.1

Factores de repetición (F.R.) dados para intervalos en superficie. (Horas y minutos)

C: Buceo Repetitivo										
Prof.(metros)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
9 m	172	158	146	135	126	118	111	105	100	95
12 m	109	100	92	85	80	75	70	66	63	60
15 m	50	45	42	39	36	34	32	30	28	27
18 m	40	35	31	29	27	26	24	23	22	21
21 m	30	25	21	19	18	17	16	15	14	13
24 m	20	18	16	15	14	13	12	12	11	11
27 m	16	14	12	11	11	10	9	9	8	8
30 m	13	11	10	9	9	8	8	7	7	7
33 m	10	9	8	8	7	7	6	6	6	6

Límites de no-descompresión para buceo repetido de acuerdo a la profundidad y (F.R.)

D: Correcciones de Altura									
Prof. metros	300 ↘ 599	600 ↘ 899	900 ↘ 1199	1200 ↘ 1499	1500 ↘ 1799	1800 ↘ 2099	2100 ↘ 2399	2400 ↘ 3000	
9 m	3	3	3	3	3	3	6	6	
12 m	3	3	3	3	3	6	6	6	
15 m	3	3	3	3	3	6	6	6	
18 m	3	3	3	6	6	6	6	9	
21 m	3	3	3	6	6	6	9	9	
24 m	3	3	6	6	6	9	9	12	
27 m	3	3	6	6	6	9	9	12	
30 m	3	3	6	6	9	9	9		
33 m	3	6	6	6					
36 m	3								

Sumar la profundidad de corrección a la profundidad real de buceo de altura.

En el caso de exceder el límite no descompresivo entre 1 y 5 minutos, realizar una parada a los 5 metros de 10 minutos. Si se excede entre los 5 y 10 minutos, realizar una parada de 15 minutos a los 5 metros.

Tablas de Descompresión basadas en las Tablas de Defense Research And Development of Canada - DRDC

## Ejercicios de planificación.

1) Vamos a realizar una jornada de dos buceos, realizando el más profundo al inicio y el más superficial como buceo sucesivo. La profundidad del primer buceo será de 15 metros y el tiempo real de fondo o TRF de 28 minutos, por lo cual la cédula del primero buceo según la Tabla A será de 15 metros y 30 minutos (Debo elegir el inmediato superior y 28 minutos no se encuentra)

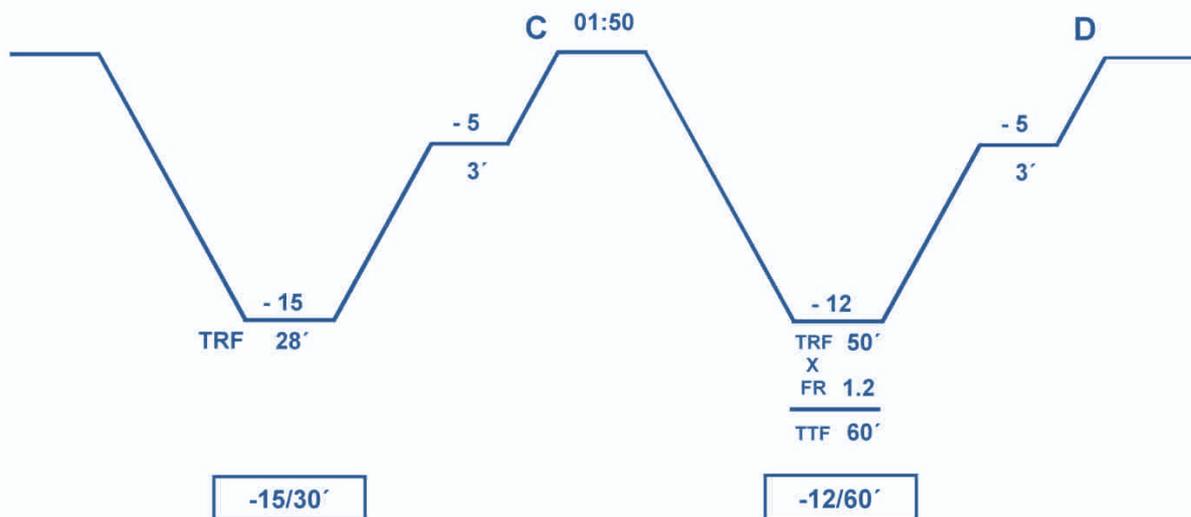
Nuestro grupo de repetición dado por la cédula será "C" y el intervalo en superficie establecido es de 1 hora y 50 minutos. Con esos dos variables nos dirigimos a la Tabla B en busca del Factor de Repetición o FR, que conjugando esos 2 datos nos da el valor de 1.2.

El segundo buceo será a una profundidad de 12 metros y ahora necesito saber cuál será el TRF o tiempo de real de fondo máximo sin descompresión para ese buceo sucesivo. Para hallarlo, a la Tabla C y conjugando el FR de 1.2 y la profundidad de 12 metros nos arrojará el valor de 100 minutos como TRF, el cual podremos utilizar directamente o elegir uno inferior como en nuestro caso que elegiremos 50 minutos.

Ahora sólo nos resta determinar cuál es nuestro tiempo total de fondo o TTF y el nuevo grupo de repetición al final del segundo buceo que nos va a permitir seguir planificando si quisiéramos realizar un tercer buceo.

Para determinarlo multiplico el TRF por el FR que en nuestro

caso será de 50 minutos el TRF y 1.2 el FR, dando un total de 60 minutos como TTF, por lo cual con la cédula del segundo buceo vuelvo a la Tabla A, busco en 12 metros el tiempo de 60 minutos y veremos que “D” es nuestro nuevo grupo de repetición. Como dijimos anteriormente en todo buceo cuya profundidad sea de 9 metros o más, realizaremos antes de llegar a la superficie, una parada de seguridad de 3 minutos a 5 metros de profundidad.



2) Vamos a realizar una jornada de dos buceos pero esta vez no serán a nivel del mar sino que lo planificaremos en altura a unos 1500 metros sobre el nivel del mar (como si estuviéramos buceando en una montaña). En este caso lo primero que tendremos que establecer son las profundidades teóricas o PT de los buceos. Esto quiere decir que si bien las profundidades reales a las que bucearemos serán las que nos indique nuestro instrumental (profundímetro o computadora), en términos descompresivos para todos nuestros cálculos tendremos que

utilizar las PT. Para ello debemos ir a la Tabla D y con la profundidad real y la altura sobre el nivel del mar de nuestro lugar de buceo, podremos saber cuál es la profundidad de corrección (que deberemos sumar a la real) para determinar la teórica.

La profundidad del primer buceo es de 15 metros y la altura es de 1500 por lo cual la Tabla D nos arroja una corrección de 6 metros que debemos sumarle a los 15 metros reales, totalizando una profundidad teórica o PT de 21 metros que usaremos para nuestra planificación. La profundidad del segundo buceo es de 9 metros que conjugados por la altura de 1500 Mts. nos arroja una corrección de 3 metros que debemos sumarle a los 9 metros reales, totalizando una PT de 12 metros. Ahora con ambas PT comenzaremos la planificación del mismo modo que los ejemplos anteriores.

La PT del primer buceo será de 21 metros y el tiempo real de fondo o TRF de 17 minutos, por lo cual la cédula del primero buceo según la Tabla A será de 21 metros y 20 minutos (Debo elegir el inmediato superior debido a que 17 minutos no se encuentran).

Nuestro grupo de repetición dado por la cédula será "C" y el intervalo en superficie establecido es de 1 hora y 30 minutos.

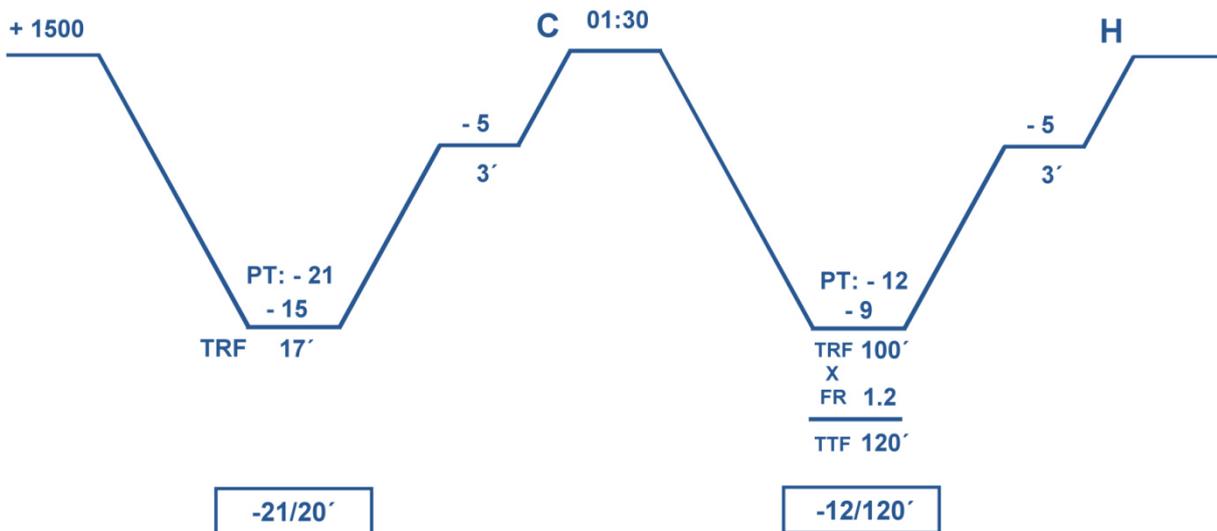
Con esos dos datos nos dirigimos a la Tabla B en busca del Factor de Repetición o FR, que conjugados nos da el valor de 1.2.

El segundo buceo será a una PT de 12 metros y ahora necesito saber cuál será el TRF o tiempo de real de fondo máximo sin descompresión para ese buceo sucesivo. Para hallarlo, me dirijo a la Tabla C y conjugando el FR de 1.2 y la PT de 12 metros nos arrojará el valor de 100 minutos como TRF, el cual podremos utilizar directamente o elegir uno inferior.

Ahora sólo nos resta determinar cuál es nuestro tiempo total de fondo o TTF y el nuevo grupo de repetición al final del segundo buceo que nos va a permitir seguir planificando si quisiéramos realizar un tercer buceo.

Para determinarlo multiplico el TRF por el FR que en nuestro caso será de 100 minutos el TRF y 1.2 el FR, dando un total de 120 minutos como TTF, por lo cual con la cédula del segundo buceo vuelvo a la Tabla A, busco en 12 metros el tiempo de 120 minutos y veremos que "H" es nuestro nuevo grupo de repetición.

Como en los buceos a nivel del mar, en los buceos de altura cuya profundidad real sea de 9 metros o más, realizaremos antes de llegar a la superficie, una parada de seguridad de 3 minutos a 5 metros de profundidad.



3) Vamos a realizar una planificación de buceo multinivel para una inmersión en una Isla, donde tendremos una profundidad máxima de 26 metros y sus paredes, nos permiten ir ascendiendo hasta un primer escalón de 14 metros, para luego finalizar con un último escalón a 6 metros de profundidad.

En todos los escalones los tiempos de fondo deberán ser no descompresivos, por lo cual, elegiremos un tiempo real de fondo para los 26 metros de 18 minutos, por lo cual la cédula del primero buceo según la Tabla A será de 27 metros y 20 minutos (Debo elegir el inmediato superior ya que 18 minutos no se encuentra).

Nuestro grupo de repetición dado por la cédula de ese primer escalon será "D". Ahora debo encontrar el tiempo de fondo equivalente para el mismo GR en el escalón de 14 metros. Para

eso voy a la profundidad de 15 metros (Debo elegir el inmediato superior ya que 14 metros no se encuentra).

En esa profundidad el tiempo equivalente o TE al grupo "D" es de 40 minutos. Ese es un tiempo el cual yo debo considerar como buceado, debido a que es el equivalente a los 18 minutos que estaré a los 26 metros.

Ahora debo determinar cuál es el tiempo máximo no descompresivo o TND a los 15 metros y restarle el tiempo de equivalencia o TE para poder determinar el tiempo real de fondo o TRF que podré estar.

En este caso el tiempo no descompresivo o TND a los 15 metros será de 60 minutos, mi TE es de 40 minutos, lo que quiere decir que mi TRF para no superar el máximo deberá ser de 20 minutos máximo.

Ya sabiendo mi tiempo total de fondo (conformado por la sumatoria del TRF + TE) debo determinar la cédula de buceo y el nuevo grupo de repetición o GR para poder planificar el último escalón.

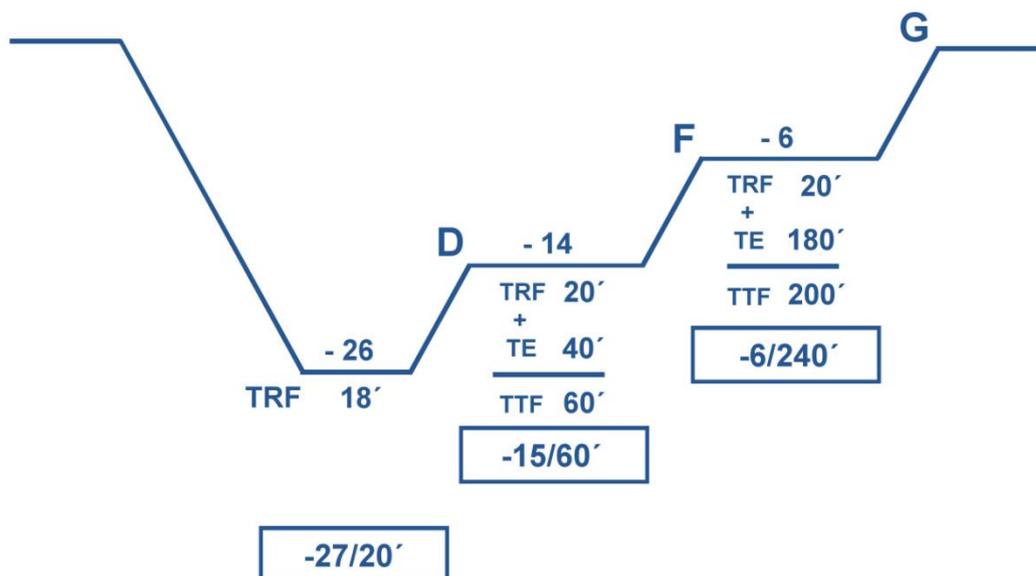
La nueva cédula será 15 metros, 60 minutos y el GR asignado será "F". Ahora debo encontrar el tiempo de fondo equivalente para el mismo GR en el escalón de los 6 metros. Para eso voy a la profundidad de 6 metros. En esa profundidad el tiempo equivalente o TE al grupo "F" es de 180 minutos.

Ahora debo determinar cuál es el tiempo máximo no

descompresivo o TND a los 6 metros y restarle el tiempo de equivalencia o TE para poder determinar el tiempo real de fondo o TRF que podré estar.

En este caso el tiempo no descompresivo o TND a los 6 metros será de 300 minutos, mi TE es de 180 minutos, lo que quiere decir que mi TRF para no superar el máximo deberá ser de 120 minutos máximo y 5 minutos como mínimo. En este caso elegiremos un tiempo real de fondo o TRF de 20 minutos para luego terminar la inmersión. Totalizando un TTF de 200 minutos.

La nueva cédula será 6 metros, 240 minutos (ya que 200 minutos no se encuentran y debo elegir el inmediato superior) y el GR asignado será "G", finalizando de ésta forma la planificación multinivel.



# Anotaciones:

## ■ Cálculos de autonomía y consumo de gas.

Para los buceadores es muy importante tener conocimiento durante los diferentes segmentos de un buceo sobre su reservorio de aire. Saber a cuantos litros equivale la reserva de 50 bares, con que presión de aire debo iniciar el retorno luego de un primer recorrido de un buceo, tener conciencias de que significa estar en profundidad y con menos de la mitad de aire dentro de su cilindro. Tengamos en cuenta que ante cualquier problema debajo del agua, el consumo se dispara y lo que parecía un gran resto de aire, queda limitado a unos pocos minutos de buceo.

Por ejemplo, enredarse con una red o tanza de pesca, pareciera una situación sin riesgo cuando lo pensamos fuera del agua, pero una vez buceando, podemos asegurar que nos lleva a un aumento de stress hasta que salimos del enredo.

Veremos dos reglas básicas a utilizar durante los buceos y que nos servirán para saber la presión de retorno:

1-Regla de la mitad + 30 (Bar).

2-Regla de los tercios.

### 1-Regla de la mitad + 30 (Bar). Para buceo recreativo.

$$(200 / 2) + 30 = 130$$

Ejemplo: Estamos buceando con un cilindro a 200 bares de presión, realizamos un recorrido hasta llegar a los 130 bares y

comenzamos el retorno manteniendo la misma o menor profundidad para no aumentar el consumo. Podemos ver aquí, que si consumimos al inicio unos 70 bares, podemos inferir que la vuelta nos hará consumir similarmente, quedando una vez que lleguemos al punto de inicio, con unos 60 bares de reserva para cumplir con la parada de seguridad y nos queden al menos los 50 bares de reserva.

## **2-Regla de los tercios. Para buceo técnico u overhead.**

Se utiliza  $\frac{1}{3}$  del gas para el recorrido inicial,  $\frac{1}{3}$  para retornar y realizar la descompresión obligatoria o parada de seguridad (excepto que se lleven cilindros extras con la mezcla descompresiva) y  $\frac{1}{3}$  de reserva por cualquier imprevisto.

### **Variables del consumo.**

Hay varios factores que impactan en la respiración del buceador y por lo tanto en su consumo, disminuyendo a veces en forma notable la autonomía del buceo.

El consumo puede variar de un buceador a otro y en un mismo buceador de un buceo a otro, algunos de estos factores son:

Estrés emocional.

Frío.

Estado físico.

Capacidad pulmonar.

Esfuerzo debajo el agua.

Buceo contracorriente.

## **SAC (surface air consumption)**

Alentamos a los buceadores a que conozcan su consumo promedio en superficie o SAC (surface air consumption), cuya fórmula detallamos abajo. Es importante destacar que el SAC está asociado a un tamaño de tanque en particular, el consumo de gas bares debe estar en bares y la profundidad en ata y el volumen hidrostático del cilindro en litros.

$$\text{SAC} = \frac{(\text{consumo de gas} \times \text{volumen hidrostático})}{\text{Profundidad} \times \text{Tiempo de buceo}}$$

La profundidad esta expresada en atmósferas y se calcula:

$$\text{Prof (ata)} = 1 + \text{prof (mts)} / 10$$

El volumen hidrostático se calcula de ésta forma:

$$\text{V.H: CTA} / \text{P.T (Bares)}$$

V.H: Volumen hidrostático

CTA: Capacidad total de almacenamiento de aire

P.T: Presión de trabajo (Bares, Atm o Kg/Cm<sup>2</sup>)

Ahora podemos determinar cuál es el Volumen Hidrostático de nuestro cilindro S80 usando la fórmula de arriba.

V.H: 2265 Litros/207 Bares

V.H: 10,94 litros

### Ejemplo de SAC.

Un buceador inicia su buceo con 200 bares de presión, desciende a 10 metros de profundidad y cuando chequea el manómetro tiene 190 bares, realiza un recorrido a ritmo moderado durante 10 minutos y cuando vuelve a monitorear su aire, la presión es de 160 bares, por lo cual consumió en esos 10 minutos a 10 metros de profundidad unos 30 bares. Con estos parámetros y sabiendo que el cilindro que está usando tiene un volumen hidrostático de 10,94 litros, vamos a determinar cuál es su consumo en superficie o SAC.

$$\text{SAC} = \frac{(\text{consumo de gas} \times \text{volumen hidrostático})}{\text{Profundidad} \times \text{Tiempo de buceo}}$$

$$\text{SAC} = \frac{(30 \text{ bar} \times 10,94 \text{ litros}) / 2 \text{ ata}}{10 \text{ minutos}}$$

$$\text{SAC} = \frac{(30 \text{ bar} \times 10,94 \text{ litros}) / 2 \text{ ata}}{10 \text{ minutos}}$$

$$\text{SAC} = \frac{1641 \text{ litros}}{10 \text{ minutos}}$$

SAC = 16,41 litros por minuto.

### Cálculo de consumo de aire general.

Para que los buceadores puedan tener una noción de su autonomía durante un buceo, le dejaremos una fórmula básica para aproximarse al tiempo real de fondo que podrán tener.

Donde la A es de Autonomía, la S de Suministro y la C de consumo. El suministro tiene tres valores como presión de trabajo del cilindro (PT), reserva (R) expresados ambos en bares y volumen hidrostático en litros (VH). El consumo tiene un valor que es la tasa de consumo en superficie que como promedio la vamos a considerar en 20 litros por minuto (TCS) y la profundidad del buceo expresada en ata.

$$A = \frac{S}{C}$$

$$A = \frac{S: \text{Volumen Hidrostático} \times (\text{presión de trabajo} - \text{reserva})}{C: \text{Tasa de consumo en superficie} \times \text{Profundidad}}$$

## Ejemplo de cálculo de consumo de aire general.

Un buceador necesita saber cuánto tiempo de autonomía tendrá en un buceo a 18 metros de profundidad, con un cilindro de 10,94 litros de volumen hidrostático y una presión de trabajo de 190 bares. Con estos parámetros y tomando una tasa de consumo en superficie de 20 litros por minuto, comenzaremos a realizar el cálculo.

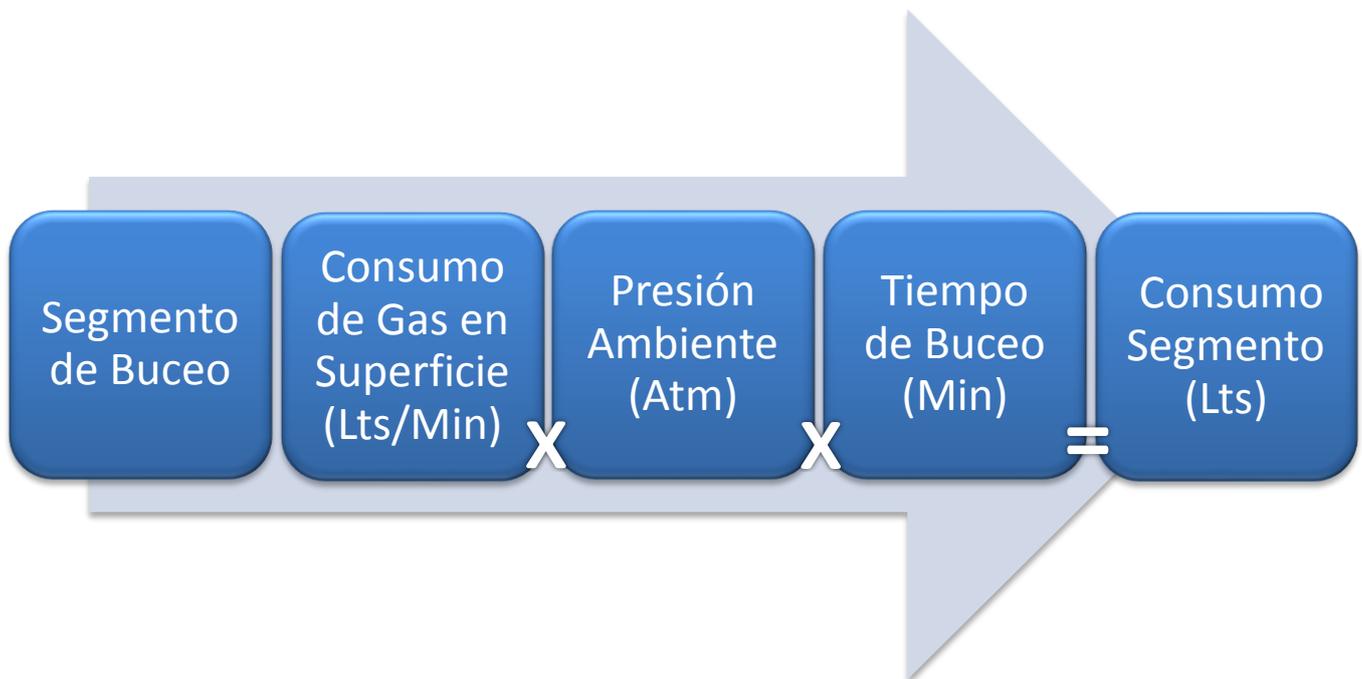
$$A = \frac{S: 10,94 \text{ litros} \times 140 \text{ bar}}{C: 20 \text{ litros/minuto} \times 2,8 \text{ ata}}$$

$$A = \frac{S: 1531,6}{C: 56}$$

$$A = 27 \text{ minutos}$$

## Gestión Segmentada de Consumo de Gas.

- Consumo en superficie con ejercicio moderado: 20 Lt./ Min.
- Aire disponible: 1 cilindro S80 a 200Atm (2200 Lts).
- Reserva de aire: 50 Atm. (750 psi): 550 Lts.
- Profundidad máxima: 30 Mts.
- Tiempo de fondo: 10 Min.
- Ascenso: 4 min (Velocidad de ascenso promedio de 9 Mts/Min).
- Parada de Seguridad: 3 Min. a 5 mts.



**Descenso y Buceo:** 20 Lts/Min x 4 Atm x 10 Min = 800 Lts

**Ascenso:** 20 Lts/Min x 4 Atm x 4 Min = 320 Lts

**Parada de Seguridad:** 20 Lts/Min x 1,5 Atm x 3 Min = 90 Lts

**Consumo Total:** 800 Lts + 320 Lts + 90 Lts = 1210 Lts

Si el consumo total + la reserva es menor al aire disponible, la planificación es óptima, caso contrario debemos reducir el tiempo de fondo.

Consumo total= 1210 Lts

Reserva= 550 Lts

Total entre consumido y reserva= 1820 Lts.

Aire disponible= 2200 Lts

Restante: 380 Lts.

Los resultados del cuadro muestran bien claro que cualquier

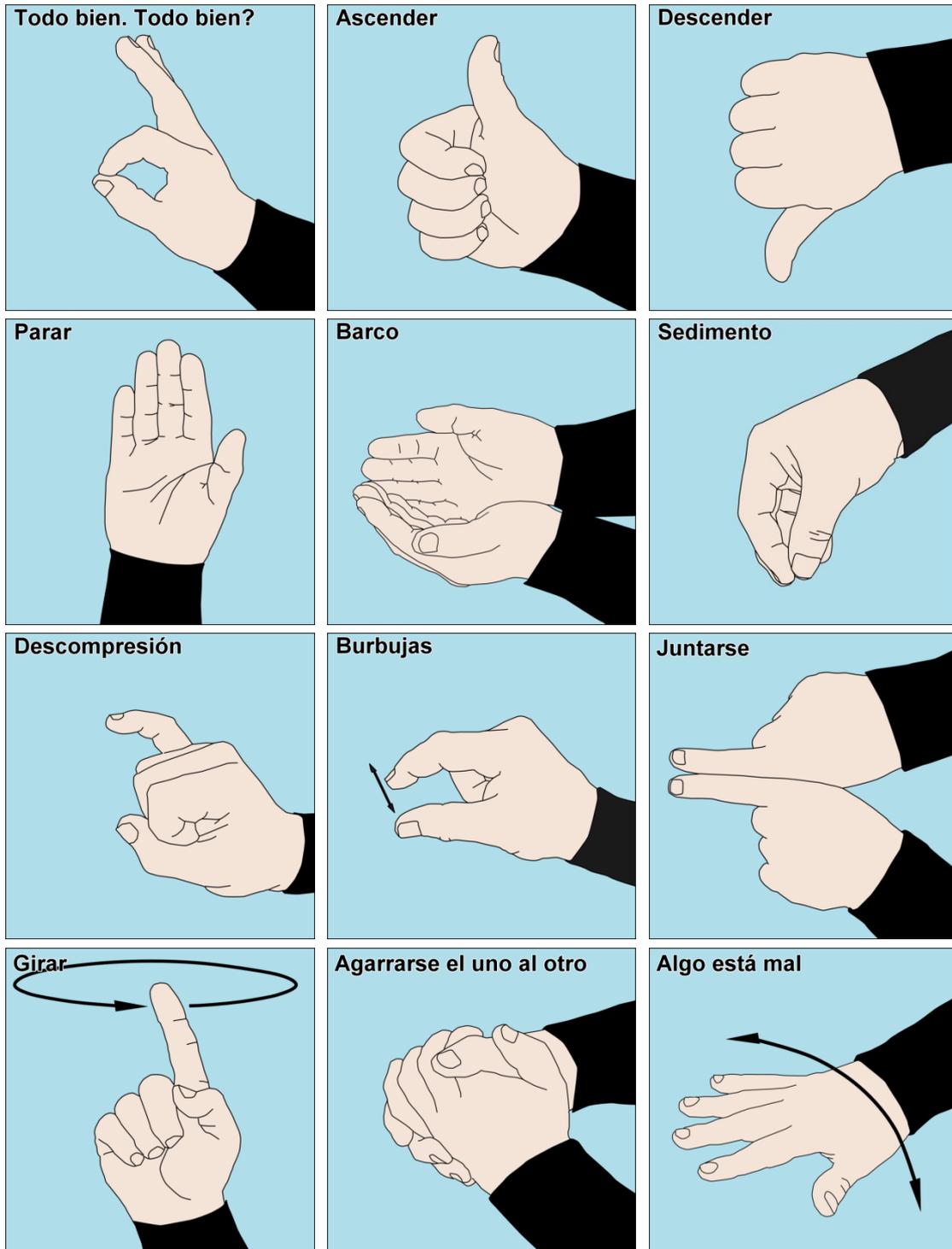
aumento accidental del tiempo de fondo puede ponernos en una situación difícil, sobre todo si consideramos el aire de la reserva como disponible.

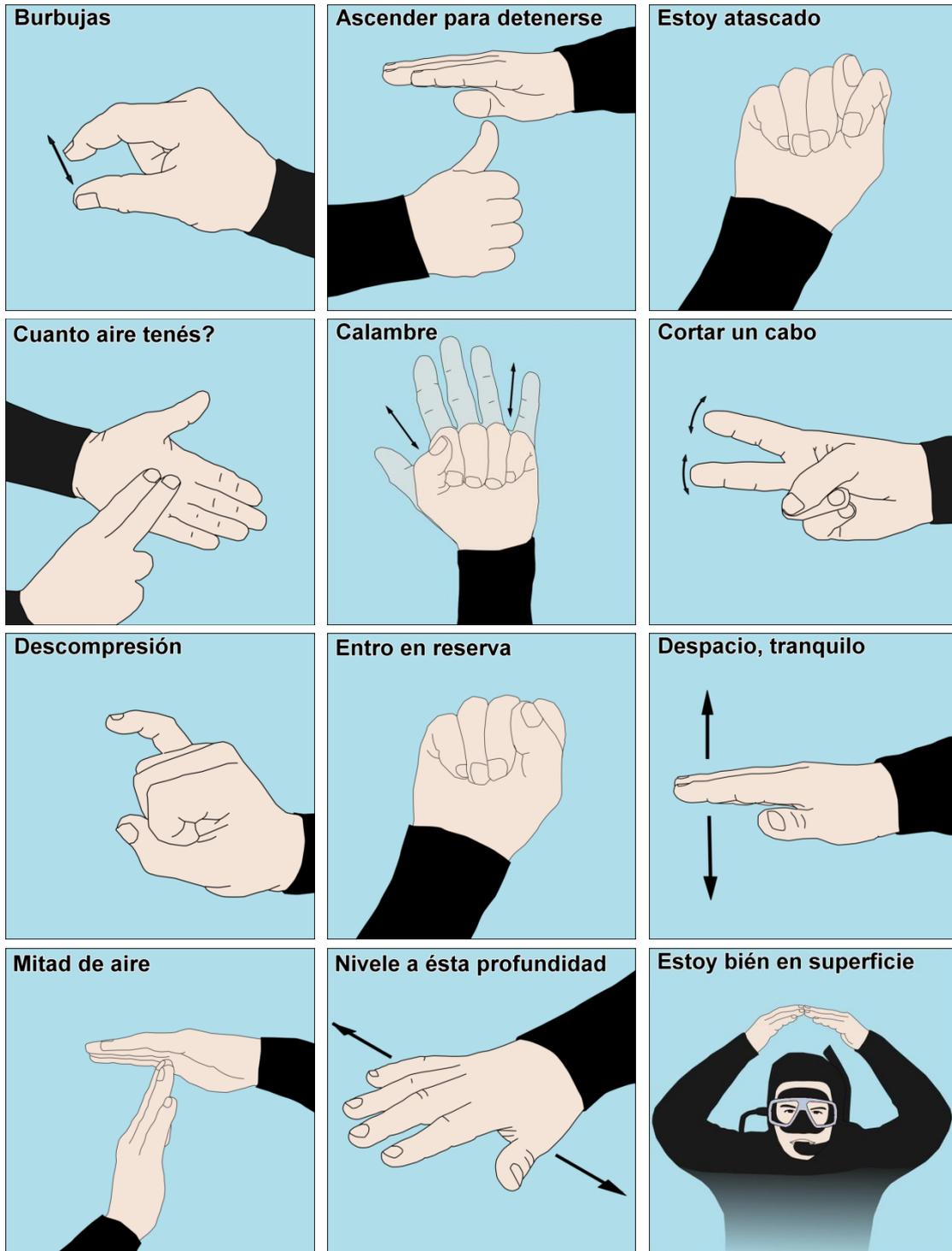
## ■ Señales de Buceo

Es imprescindible que el Divemaster realice una revisión para que todos los buceadores estén familiarizados con las señas de buceo de superficie y subacuáticas. **Para una correcta comunicación durante la operación de buceo será necesario realizar un repaso de las mismas siempre antes de cada inmersión, más teniendo en cuenta que a veces muchos buceadores dejan pasar varios meses y hasta años entre sus buceos y pueden llegar a olvidarse fácilmente.** Abajo les dejamos las más importantes.

Las señales de buceo son internacionales y aunque puede haber pequeños cambios entre las que se enseñan y utilizan en las diferentes organizaciones de buceo, en la gran mayoría de los casos, son las mismas. Por lo que si te vas de viaje y decides hacer una inmersión en un centro que no conoces, con compañeros con los que no estás acostumbrado a bucear, no te preocupes, porque las señales serán las mismas que las que usas con tus compañeros habituales.

De todas maneras, si por cualquier circunstancia, se van a utilizar señales menos comunes o alguna más particular que no conozcas, en el briefing que se realiza antes de cada inmersión es necesario recordarlas para que una vez estés sumergidos no haya ningún problema en este aspecto.







# Anotaciones:

# Anotaciones:

# ■ Procedimientos generales.

La correcta planificación de los buceos hace la gran diferencia en la operación y el Divemaster debe hacerlo con el tiempo suficiente para cubrir las diferentes aéreas requeridas para que los buceadores tengan unas excelentes inmersiones.

La elección del lugar y quien serán los buceadores del equipo son dos aspectos vitales a considerar para armar la operación de buceo. Muchas veces los buceadores organizan ir a bucear a donde vacacionan con amigos o familia y en esos casos seguramente tomarán los servicios de una operadora o centro de buceo. **Muchas veces contratan los servicios de operadoras porque tienen la ventaja de que en general tienen organizadas las salidas, cuentan con personal idóneo como Divemaster concedores del lugar, en la mayoría de los casos embarcaciones, equipamientos para alquiler y trabajan con protocolos o procedimientos internacionales.**



Debemos como Divemasters recomendar a los buceadores que si van a contratar los buceos en un centro, deben por lo menos una semana antes ponerse en contacto para saber tipos de buceo que ofrecen, costos y requisitos. Deben siempre llevar su brevet o carnet de buceo para presentar, la bitácora o logbook en el caso que soliciten verla para conocer su experiencia y una copia de un apto médico realizado dentro de los últimos 12 meses. Muchas veces, los buceadores tienen sus habilitaciones digitales en su teléfono o le piden al centro que la busquen online en la web de la certificadora.

Muchos centros podrán pedir que el buceador realice un refresh de habilidades con el Divemaster sino hay registro de



inmersiones en los últimos 6 meses.

En el caso de buceadores que son grupo de amigos es recomendable contratar Divemasters para apoyar la operación de buceo, así como también alentamos a los fotógrafos subacuáticos a no bucear con duplas asignadas y si contratar para ellos exclusivamente los servicios de un Divemaster que los acompañe. Es vital que el buceador más allá de los controles externos que pueda tener o de contratar o no un Divemaster, pueda desempeñarse con buena actitud y respeto por las normas, procedimientos y realice buceos acorde a su entrenamiento y habilitación.

## Recomendaciones generales en la operación de buceo

### Armado de equipo y Cross Check.

El armado del equipo SCUBA es una de las capacidades que deben tener automatizadas los buceadores a través de la repetición. En el caso de no haberlo armado por un tiempo prolongado que les ha hecho dudar sobre algún paso, tendrán que pedir apoyo de un Divemaster o Instructor de buceo PDA. Asegúrese de que tiene todos los componentes del equipo SCUBA. Ejercite éstos 7 pasos:

-Coloque el cilindro en posición vertical, verifique la presencia y el estado del oring de la válvula y deje salir un poco de aire para olerlo en busca de algún indicio de contaminación.

- Moje la correa y hebilla de sujeción del chaleco compensador e introdúzcalo en el cilindro. Recuerde que el orificio de salida de alta presión de la válvula del cilindro tiene que mirar hacia su espalda. Posicione la parte superior del back pack del chaleco a la altura de la base de la válvula del cilindro, ajuste y cierre la hebilla del chaleco. Compruebe el ajuste tomando de la agarradera del chaleco y levantando el conjunto sin observar ni sentir que está flojo.
- Prueba el sellado de su regulador tomando aire por las segundas etapas con el tapón de la primera etapa puesto y ajustado correctamente. En ese caso al inspirar no debe pasar aire, solo debe sentir la retracción del diafragma interno por el efecto succión.
- Póngase del lado de la manopla de apertura de aire de la válvula del cilindro, distribuya las mangueras del manómetro, manguera para el BC y traje seco si hubiera para un mismo lado y opuesta a la manopla de la válvula y la manguera del regulador principal y el octopus para su lado. Recuerde que hay dos tipos de conexión, DIN e Internacional. En su centro de buceo le deberán dar la válvula del cilindro acorde a su regulador, pero si utiliza una conexión DIN es conveniente llevar siempre el adaptador a Internacional o YOKE.
- Enrosque o monte el regulador en la válvula del cilindro. Si es conexión YOKE, ajuste la perilla con la fuerza de tan sólo 3 dedos. Conecte la manguera del chaleco a la tráquea del mismo (El comando con botones de inflado y vaciado con el que inflará

y vaciará el chaleco). Coloque el regulador octopus segunda etapa alternativa en el porta-octopus, clipe el manómetro preferentemente con un mosquetón a pestillo en un Dring del chaleco. **Coloque el manómetro hacia abajo, ponga la mano sobre la conexión de la válvula del cilindro y el regulador, ambos procedimientos son para en caso de fugas repentinas de aire no lastimen la cara del buceador o los buceadores que estén cerca.**

-Ponte del lado de la manopla de apertura de aire de la válvula del cilindro y gire la manopla de la válvula hacia la derecha lentamente para presurizar el sistema. Pruebe inflado y vaciado del chaleco a través de sus botones y el vaciado por tirón de la tráquea. Respire a través de ambos reguladores, pruebe los botones de purga y realice una inspección visual general de su equipo SCUBA.

**-Realice un chequeo en puente o crosscheck del equipo de su compañero para detectar mal ensamble o funcionamiento incorrecto que él no haya visto.**

-Recueste el equipo o asegúrelo para evitar golpes. Tenga en cuenta de no dejarlo parado sin sostén alguno y si lo deja acostado, proteja los reguladores y manómetros colocándolo en los bolsillos para evitar que alguien los golpee o pise al pasar. **Muchas veces nos encontramos buceando con grupos más o menos numerosos y corremos riesgo de que golpeen nuestro equipamiento.**

Recuerde que el traje de neoprene muchas veces es lo último a

colocarse para no aumentar la temperatura corporal y el desgaste general por hipertermia. Consulte con su Divemaster o Instructor PDA lo más conveniente según el caso.

Si tiene equipo propio inscriba sus iniciales con pintura indeleble en todos los elementos para evitar confusiones.

En el caso de equipos de alquiler, asegúrese de que se lo entregan en buenas condiciones y cuídalo conscientemente para devolverlos en el mismo estado en que los recibió.

## Entradas al agua

Si se va a realizar un buceo desde la playa o la costa, pregunte dónde es el mejor lugar para ingresar al agua. En la mayoría de los casos es recomendable ingresar hacia atrás, especialmente con aletas. **Siendo lo más recomendable ponerse las aletas una vez que ya estamos con el agua hasta la cintura.**



Al final de la inmersión utilizaremos el mismo procedimiento, desplazándonos por debajo del agua hasta donde podamos pararnos y nos sacaremos las aletas cuando el agua esté en la cintura y siempre apoyándonos en nuestro compañero.

Especialmente con una corriente fuerte es muy importante prestar atención a las olas y tanto como sea posible moverse con

las olas. Muchas veces deberemos salir totalmente equipados gateando hasta salir totalmente del agua.

Cuando buceo desde un barco, una de las maneras más frecuentes para ingresar al agua y en bordas que no superen el metro de altura, es la técnica llamada paso de gigante.



Se hace realizando un apoyo con un pie en el borde de la línea de salto y extendiendo el otro hacia el frente. Se realiza sosteniendo con una mano el regulador y la máscara y con la otra mano la hebilla del cinturón de lastre antes y durante el salto.

Es una entrada con amplia superficie de apoyo en el agua para evitar sumergirnos demasiado, además de que ingresaremos con el chaleco compensador a medio inflar.

Una vez que ingreso al agua, emerjo y si estoy bien, realizo la seña de Ok en superficie a mi compañero o personal de la embarcación.

En caso de que tengamos que ingresar desde lugares con más de un metro de altura entre el borde del salto y el agua, usaremos la llamada entrada vertical de altura. Es la misma

técnica que el paso de gigante pero no entro al agua con las piernas separadas, sino que las junto antes para que no haya impacto en la entrepierna.

Para embarcación tipo semirrígidos tenemos varias tipos de entrada, la entrada hacia atrás y la entrada de borda controlada.

Para realizar la entrada hacia atrás, nos sentamos en el borde de espaldas al agua, comprobamos que no haya nadie, mirando a izquierda y derecha, sujetamos la máscara con una mano, pegamos la barbilla al pecho y empujando ligeramente con las piernas nos dejamos caer hacia atrás. **Es importante mantener pegada al pecho la barbilla hasta que se esté totalmente dentro del agua.**



Para realizar la entrada de borda controlada nos sentamos en el borde, y mirando hacia delante, colocamos las manos en el borde del bote, por el lado derecho. La mano de la derecha será la más cercana al cuerpo, con las puntas de los dedos para adelante. La izquierda estará paralela, a unos 10 cm. a la derecha de la mano derecha, y con las puntas de los dedos hacia atrás.

Para introducirse en el agua, nos impulsamos con las manos, levantando y girando el cuerpo 180 grados hacia la derecha, de tal forma que mire en dirección contraria a la anterior.

## Descensos

Iniciar el descenso es encontrarse con el nuevo mundo. Si es la primera vez que buceamos en ese lugar, seguramente estaremos expectantes y alertas a todo lo nuevo. **Esta fase del buceo debe ser realizada con calma y en contacto visual con mi compañero, pudiendo utilizar diferentes técnicas de acuerdo al tipo de fondo, condiciones del espejo de agua, experiencia, etc.**

## Descenso por el cabo

Después de ingresar al agua, los buceadores se deben dirigir al **cabo del ancla u cabo fondeado para tal fin** y comenzar a descender siempre por duplas y de frente al compañero en lo posible. Si hay corriente en superficie es conveniente apartarse del casco del barco, al dirigirse hacia el cabo del ancla.



El descenso por el cabo es la técnica más fácil y segura, consistiendo en deslizarse a lo largo del cabo hasta el fondo. Así se puede mantener el ritmo de descenso

equilibrando los oídos, y comprobando los instrumentos, sobre todo cuando hay corriente, o poca visibilidad.

## El descenso con técnica paracaidista.

Se realiza sin un cabo guía y con una referencia visual constante y en posición de paracaidista para frenar disminuir la velocidad de descenso, compensar los oídos, observar a mi compañero y las referencias de fondo o pared si las hay.



Se utiliza si no hay corrientes y el agua está clara, en general la llevan a cabo buceadores con experiencia. Un dominio del equilibrado del chaleco es imprescindible.

## Flotabilidad durante el buceo.

Como buceadores debemos saber que la posición horizontal es la que menor resistencia al avance ofrece una vez sumergidos. La distribución correcta y equilibrada del lastre nos va a permitir mantener esta posición fácilmente, apoyada por una correcta respiración y buen manejo del chaleco compensador.

A diferencia de lo que podemos ver en muchos buceadores, debemos priorizar la colocación de nuestras pastillas de plomo de manera equilibrada entre una mitad del cuerpo y la otra y concentrarlos en nuestra zona abdominal para que nos ayude a mantener una posición ventral y no concentrarlos en la cadera lumbar porque nos balancea a podálicos como muestra la figura de abajo.



Esta posición los muslos van por debajo del nivel de la cabeza también puede ser provocada por un sobre lastrado, ya que éste necesitaría mover constantemente las aletas para mantenerse en

posición horizontal, aumentando también el consumo de aire y las posibilidades de intoxicación por Dióxido de Carbono (Hipercapnia) por el esfuerzo.

En el agua, al eje del cuerpo se lo denomina centro de flotación y está ubicado a unos 7 cm por debajo del esternón. El peso del cilindro se concentra en un punto por encima del centro de flotación, por lo tanto si colocamos el lastre a la altura de la cintura y no más arriba, conseguimos equilibrar ese peso y mantener la postura horizontal con muy poco aire en el chaleco. De esta manera, evitamos bucear con la cabeza hacia abajo, lo que



también produce mayor frente de resistencia y mayor consumo de aire como muestra el gráfico de abajo.

Sabiendo que la cabeza es el timón del cuerpo, es necesario que la mirada del buceador siempre sea abajo y adelante, lo que colocaría a la cabeza en su posición correcta y por consiguiente a todo el cuerpo con buen trim o trim neutro. El trim neutro es

aquel en el que la línea que forma la cabeza con la cadera y los muslos se encuentra alineada en horizontal y es lograda con la cantidad y posición de lastre correcta, la configuración óptima de sus equipamientos sin nada suelto o colgando y una respiración pensada y con énfasis en la exhalación. Con respecto al uso del chaleco compensador recomendamos para evitar una posible flotabilidad negativa en el fondo, darle golpes de aire de tan solo 1 segundo al botón de inflado del comando y esperar 5 segundos a ver cómo repercute ese aire que entro en la flotabilidad del buceador. Abajo mostramos la correcta posición del buceador.



La búsqueda de un buen trim no es lo primordial que un buceador debe tener como objetivo, sabiendo por supuesto que de esa forma el buceo será más placentero y seguro, sino que deberá realizarse conjuntamente con el cuidado de la dupla (mirarse cada 3 respiraciones y estar a una distancia no mayor de 5 metros para poder auxiliarse rápidamente), teniendo también la capacidad necesaria para poder monitorear el instrumental e interactuar con el medio ambiente.

Para poder dominar la posición de nuestro cuerpo en el agua nuestro instructor PDA le enseñará las destrezas de flotabilidad a través de ejercicios como por ejemplo el pivot de aletas, natación estática horizontal con referencia fondo y pared, posición buda, desplazamientos con giros 360.

## **Ascensos**

El ascenso en el buceo es uno de los momentos en que más atentos deberemos estar y en general nos puede encontrar cansados, estresados o con frío.

Debemos tener en cuenta unos principios básicos para todos nuestros buceos

- Tener contacto visual con mi dupla y establecer de común acuerdo el ascenso.
- Controlaremos en todo momento el aire que indique nuestro manómetro.

-Antes de iniciar el ascenso nuestro jacket deberá estar con poco aire, para evitar que nos maneje la velocidad.

-Ascender si hubiera, guiado por el cabo de fondeo o una referencia de una pared.

-Mantener una velocidad de ascenso controlada de 9 metros por minuto hasta la profundidad de la parada de seguridad (5 metros) siguiendo indicaciones de nuestra computadora. En los últimos 5 metros buscar reducir la velocidad de ascenso.

-Respirar normalmente con énfasis en la exhalación. Nunca retenga el aire ni en diferenciales de un metro de profundidad.



-Respetar el tiempo de parada de descompresión (en general de 3 minutos a 5 metros de profundidad)

-Utilizar la boya de señalización de superficie (para facilitar que la embarcación de buceo nos localice mientras aún nos encontramos bajo el agua y mantener atentos a los conductores de embarcaciones ajenas a la operación de buceo.

-Debemos estar atentos a cualquier embarcación que pueda aparecer y romper el espejo del agua con la mano

sobre nuestra cabeza como protección. Debido a que puede pasar alguna embarcación a vela o remo o haber alguna estructura poco visible que nos pueda lastimar.



-Una vez en superficie indicaremos con la señal de que todo está bien, (sacando el brazo y tocando nuestra cabeza unos segundos mientras miramos hacia el barco) al patrón del barco o personal de buceo.

## Situaciones de falta de aire durante el buceo.

Si bien no son frecuentes y están determinadas por una falta de control del buceador sobre su instrumental, cualquier interrupción en el suministro de aire debe considerarse una emergencia y el buzo debe estar preparado para enfrentar de manera efectiva cualquier pérdida de gas respirable. Las interrupciones temporales debido a inundación de la segunda etapa del regulador son recuperables mediante soplido o purgado de la misma y sólo requiere que el buceador tenga manejo de esas destrezas básicas. La interrupción del suministro por falta de aire

en el cilindro puede requerir en algunas circunstancias solicitar al compañero mediante señas la donación de aire o ascender a la superficie, cuando está lo suficientemente cerca como para ser alcanzada fácilmente, y el buceador no tiene un riesgo significativo de enfermedad por descompresión como consecuencia de un ascenso directo, un ascenso controlado de emergencia puede ser una respuesta adecuada.

En éstos casos, el buceador deberá saber que en sus pulmones tiene aire comprimido y a pesar de que la falta de aire lo tomó de



sorpresa y no pudo inspirar normalmente, el poco aire que le ha quedado comenzará a expandirse durante el ascenso y podrá saciar sus necesidades con la precaución de ir exhalándolo progresivamente manteniendo su cabeza en hiperextensión y realizando un sonido Ahhhhh para ser consciente de la exhalación y evitar el peligroso Síndrome de Sobrepresión Pulmonar como muestra la foto de la izquierda. Si la superficie está demasiado lejos para alcanzarla con confianza, o si

el riesgo de enfermedad por descompresión es inaceptable, sería preferible contar con otras respuestas.

También puede ser necesario realizar un ascenso controlado en el caso de que el buceador pierda el lastre y obtenga rápida flotabilidad positiva que lo impulsa a la superficie. En éste caso debe abrir superficie corporal extendiendo piernas y brazos formando una cruz con su cuerpo y exhalando a través del regulador para evitar la sobrepresión pulmonar.

Hay dos procedimientos básicos que vamos a explicar para los casos de donación de aire. Uno de los métodos de suministro de gas respirable es aquel donde el donante brinda el regulador de aire alternativo u octopus al receptor que entró en emergencia por falta de aire. El donante tomará con la mano derecha sobre la última sección de la manguera en la unión con el cuerpo de la segunda etapa alternativa u octopus y se la brindará al receptor manteniendo el control de la misma y tomándolo con la mano izquierda de su hombrera para tranquilizarlo, controlar mejor la situación y que instaure un ritmo respiratorio normal para luego realizar la señal de ascenso y comenzar a emerger de forma controlada hasta la parada de seguridad, en el caso de haber el suficiente reservorio de aire para ambos y la situación esté controlada. Es muy importante en estos casos el manejo de flotabilidad vaciando progresivamente el aire del chaleco compensador durante el ascenso.

El otro método de compartir aire con un compañero en emergencia es un procedimiento intuitivo, donde el donante

brinda directamente su regulador principal, debido a que el receptor sabe que de esa fuente el aire está asegurado. El donante tomará con la mano derecha sobre la última sección de la manguera en la unión con el cuerpo de la segunda etapa principal y se la brindará al receptor, luego tomará con la mano izquierda su segunda etapa alternativa u octopus, que podrá estar en el porta-octopus o en un collarín colgando del cuello, en ambos casos dentro del triángulo de seguridad (donde deberán estar los instrumentales como manómetro, profundímetro y segundas etapas alternativas) y hará con esa misma mano contacto directo a través de la hombrera del chaleco del compañero para tranquilizarlo y controlarlo.

Una vez que instaure un ritmo respiratorio normal, al igual que el método anterior, realizará la seña de ascenso y comenzará a emerger de forma controlada hasta la parada de seguridad, en el caso de haber el suficiente reservorio de aire para ambos y la situación esté controlada.

## ■ Interacción con la fauna durante los buceos.

El mundo submarino está habitado por una amplia y variada fauna. Llevaría mucho tiempo conocer todas sus especies, si bien conviene tratar de ser capaces de reconocer cuáles de ellas pueden entrañar algún peligro para el ser humano. Y acá vale la pena una aclaración, es muy difícil que un buceador sea atacado por algún animal, y en general cuando hay una situación de riesgo es porque el buzo sobrepasó los límites de distancias y sana interacción con el medio. **El Divemaster le deberá avisar siempre que no toque ningún tipo de fauna, no se apoye en piedras o paredes de coral ni en el fondo arenoso. Somos invasores del ambiente subacuático y debemos tener claro que no se debe mover ni extraer absolutamente nada durante nuestros buceo.**

### Existen las siguientes especies a tener en cuenta:

#### Mordedores

**Congrio:** animal que encontraremos normalmente en las cuevas, zonas rocosas y barcos hundidos, caza por la noche, dejando el día para descansar. Este animal al morder desgarrar por lo que habrá que tener cuidado especial por las posibles infecciones (sus dientes suelen estar sucios).

**Morena:** animal de actitud hostil cuando se invade su ámbito, si bien es raro que llegue a atacar si no le ataca previamente el hombre. La saliva de este animal tiene una sustancia neurotóxica

y hemolizante que puede producir temblores, dolores y otros trastornos.

**Tiburones:** existen una serie de medidas que es conveniente tomar ante la presencia de un tiburón, fundamentalmente de especies con antecedentes de ataques a al ser humano como el tiburón blanco, tigre, toro:

No perderlo de vista, tratando de tenerlo siempre de frente y nunca darle la espalda.

No mostrar temor (su instinto lo advertiría, entendiendo que su enemigo es más débil que él).

Tratar de alejarnos lentamente sin realizar movimientos bruscos.

Buscar unas rocas con las que proteger la espalda.

Poner especial cuidado a la hora de ascender a la superficie, ya que es el momento más propicio para el ataque, conviene juntar la espalda con la del compañero y ascender en esa posición.

## **Punzantes:**

Lo integran animales de las siguientes especies:

**Erizos de mar:** animales invertebrados constituidos por un único caparazón de placas calcáreas cubierto de verrugas en las cuales van introducidas las púas. El principal problema de presenta este animal es la fragilidad de sus púas, que hace que se rompan al clavarse, corriendo el riesgo muchas veces de quedarse incrustadas dentro (deberemos intentar extraerlas

antes de que eso ocurra). Para extraer estas púas nos serviremos de unas pinzas previamente desinfectadas.

**Cefalópodos:** calamares, sepias y pulpos. Los más comunes e interesantes para el buceador son los pulpos, animales que a pesar de todo lo que se ha dicho de ellos, no son agresivos, si bien pueden morder a través de su pico.

**Peces:** hay diferentes tipos:

**Pez escorpión:** de pequeño tamaño y color rojizo, cabeza desproporcionadamente grande. Armado con agujas que en su base tienen cada una de ellas una glándula que produce una sustancia química neurotóxica.

La neurotoxina se llama «neuro» porque afecta a los nervios del pie. Concretamente, a las terminaciones nerviosas libres que son responsables de captar la información de dolor en la piel.

Esta neurotoxina del pez escorpión estimula a esos nervios, con lo que directamente el pie nos va a doler más que si nos hubiésemos dado un simple pinchazo con una aguja y durará entre 6 y 12 horas.

Para buscar desnaturalizar la neurotoxina, debemos sumergir el miembro en agua caliente lo más que la podamos soportar, a 40 o 45 grados centígrados entre 90 y 120 minutos.

**Raya:** se encuentran principalmente en los fondos arenosos de aguas poco profundas. Tiene un cuerpo de forma aplanada, romboidal y color gris azulado. Dentro de las diferentes especies,

la plastinaca es la única realmente peligrosa para el hombre, ejemplar que cuenta con potentes aguijones con punta por los que segrega veneno. Las lesiones suelen producirse cuando una persona pisa una raya (que por lo general está enterrada en la arena) mientras camina por aguas marinas poco profundas. La raya lanza su cola y clava las púas en el pie o en la pierna de la víctima, y libera el veneno. Es posible que en la herida queden fragmentos del revestimiento de la púa, lo cual incrementa el riesgo de infección.

En general, la herida que produce la púa es irregular y sangra abundantemente. El dolor es inmediato e intenso, si bien disminuye gradualmente en un periodo de 6 a 48 horas. Muchas personas que sufren este tipo de herida manifiestan desvanecimiento, debilidad, náuseas y ansiedad. Son menos frecuentes los vómitos, diarrea, sudoración, espasmos generalizados y las dificultades respiratorias.

El tratamiento de primeros auxilios de las lesiones producidas por una raya en un brazo o una pierna empieza con un cuidadoso enjuague con agua salada para intentar extraer los fragmentos de la púa de la cola. La púa debe retirarse solo si se encuentra en la superficie de la piel y no está incrustada en el cuello, el pecho o el abdomen. Las hemorragias abundantes deben reducirse mediante la aplicación de presión directa.

En el servicio de urgencias, los médicos examinarán la herida en busca de fragmentos de púa y los retirarán. También puede ser necesaria la vacuna contra el tétanos. El brazo o la pierna

heridos deben permanecer en alto durante varios días. A algunas de las personas afectadas se les administran antibióticos o pueden requerir cirugía para cerrar la herida.

## **Urticantes:**

(Celentéreos): son invertebrados y dentro de ellos se diferencian dos especies, en función de su capacidad venenosa:

**Anémonas:** animales de similitud física con algunas flores. Los podemos encontrar fijos a una superficie en la que realizan escasos movimientos a lo largo de su vida, siendo más frecuente su localización en grutas y grietas de las rocas.

**Medusas:** animales que se desplazan dejándose llevar por la corriente o por su propio impulso. Existe una gran variedad y se pueden encontrar en todos los mares. **Debemos evitar siempre su contacto, que puede producirnos lesiones cutáneas de diversa índole; en caso de que ésta se produzca, deberá lavarse la zona afectada con alcohol de 90° o amoniaco y aplicar pomadas antiestamínicas.**

## Nociones de Náutica.

Creemos importante que un Divemaster tenga conocimientos básicos de náutica y navegación, así como también sea el que pueda organizar a los grupos de buceo dentro de una embarcación, desde el momento del embarque hasta que estén nuevamente en el muelle después de las inmersiones.

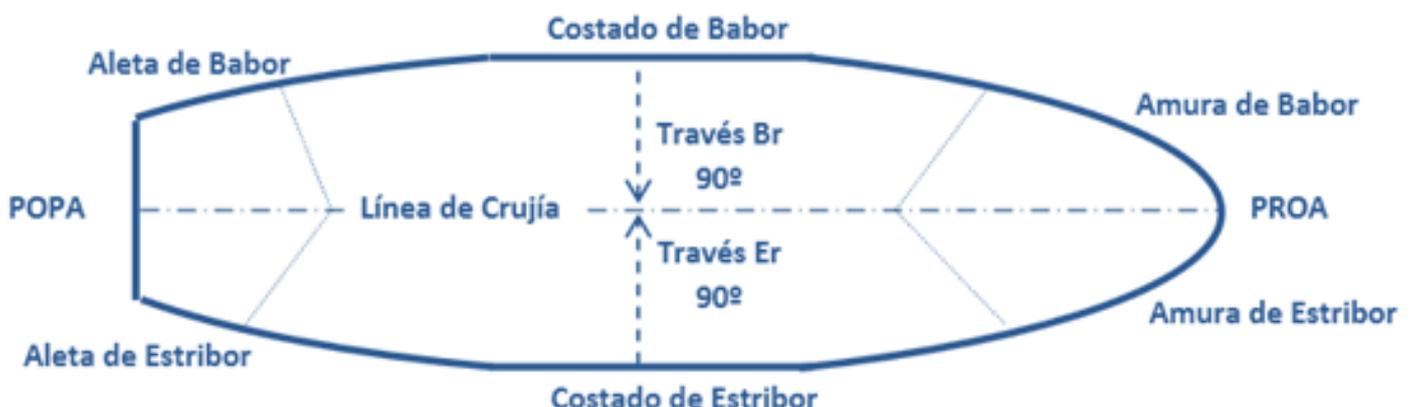
Es vital que pueda transmitir las normas de conducción y esté atento a cualquier conducta que pueda desencadenar en un buceador que resbale y se golpee hasta mismo caiga al agua por no saber comportarse durante la navegación

### Nomenclatura:

DIMENSIONES, Conceptos de:

1- Proa: es la parte delantera de la embarcación que se afina y abre camino en las aguas.

2- Popa: es la parte posterior de la embarcación por donde



queda la estela del barco.

3- Babor: la parte izquierda de la embarcación mirando de popa a proa.

4- Estribor: la parte derecha de la embarcación mirando de popa a proa.

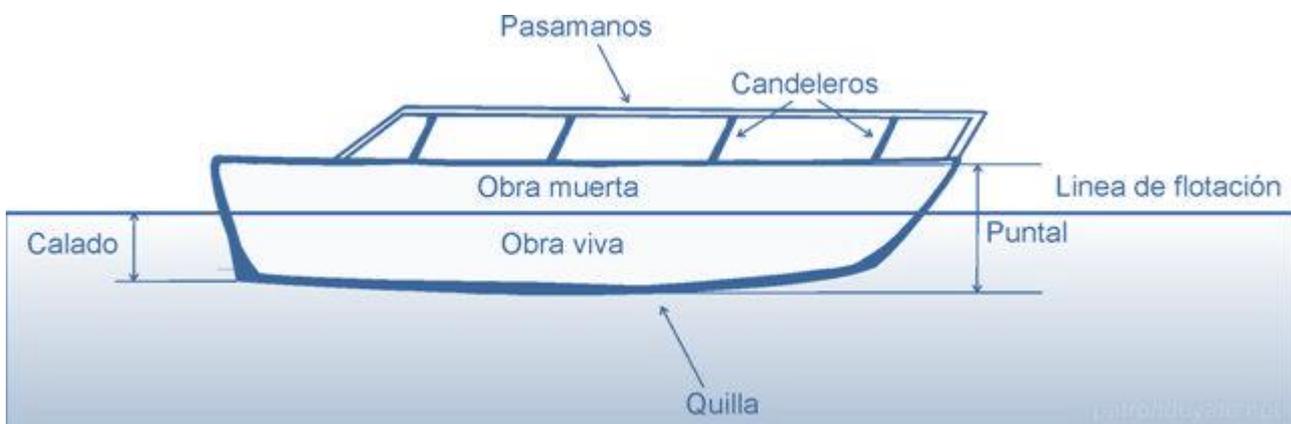
5- Amuras: partes delanteras de los costados, desde el través, convergiendo en la proa. Hay dos amuras: la de babor y la de estribor.

6- Aletas: partes posteriores de los costados, desde el través, convergiendo en la popa. Hay dos aletas: la de babor y la de estribor.

7- Costados: cada una de las partes en las que queda dividido el casco por un plano longitudinal – vertical llamado línea de crujía.

8- Través: dirección perpendicular al eje de crujía.

9- Calado: longitud que hay entre la parte más baja de un buque (parte inferior de la quilla) y la línea de flotación.



10- Línea de flotación: es la marcada en la parte exterior del casco que señala la superficie del agua, indicando así la parte sumergida del buque. Varía en función de la carga del barco pero la más importante es la de máxima carga.

11- Obra viva: es la parte del casco contada desde la quilla hasta la línea de flotación en máxima carga.

12- Obra muerta: es la parte del casco por encima de la línea de flotación en máxima carga.

13- Manga: Anchura del buque.

14- Eslora: Longitud de la embarcación. Además de la total, existen otras dos medidas de eslora, la eslora de flotación y la eslora entre perpendiculares.

15- Timón: pieza móvil instalada en la popa de la embarcación que, girando sobre un eje, sirve para darle dirección a barco.

16- Puntal: altura del barco desde la parte posterior de la quilla hasta el bao de la cubierta principal.

17- Quilla: es una pieza estructural, longitudinal y robusta, que corre de popa a proa del buque por la parte inferior del mismo, sirviendo de ligazón y asiento de las piezas que forman el armazón de dicho buque.

## Hombre al agua

Uno de los accidentes más graves que puede ocurrir a bordo de un barco es que un buceador caiga al agua. Para que ello no

ocurra es imprescindible tomar todos los recaudos del caso.

Si se navega con mal tiempo, es preciso que todos los buceadores sino llevan colocado su traje de neoprene lleven colocados el chaleco salvavidas. Debe además tenerse preparado el salvavidas circular con su correspondiente boya de autoencendido por si llega a ser necesario. Si a pesar de las precauciones mencionadas ocurriese el hecho, se debe obrar con la mayor celeridad y eficacia posible. El capitán a cargo o quien observe el accidente dará la voz de "HOMBRE AL AGUA" mientras que se arrojan salvavidas y boya de autoencendido. El timonel se dispondrá rápidamente a ejecutar la maniobra de rescate y el resto de la tripulación se preparará para subir a bordo al accidentado.

De contar con una buena cantidad de personas a bordo, es importante que cada una de ellas se ocupe de no perder de vista al caído en ningún momento.

Si el accidente ocurriese de noche, arrojar algunas bengalas con paracaídas ayudará a iluminar la zona.

Debería además, si se presume que el rescate puede ser dificultoso, contactarse por VHF con el servicio guardacostas de la zona y dar aviso de inmediato, a fin de que colaboren en las tareas de rescate.

Las maniobras a efectuar para aproximar la embarcación hasta el lugar donde la persona ha caído al agua pueden ser diversas y dependerán en gran medida de las condiciones climáticas

reinantes.

## **Bucear desde un barco.**

Muchas veces a los lugares de buceo más atractivos se llega por medio de embarcaciones. Los barcos de buceo transportan buceadores hasta islas de aguas transparentes, de abundante fauna y formaciones geográficas diferentes que las que podemos ver en la costa.

El buceo desde una embarcación incluye protocolos y procedimientos, que el Divemaster debe manejar y transmitirle claramente a los grupos de buceadores para aumentar la seguridad en la operación de buceo, los cuales deberán seguir una serie de procedimientos:

Es recomendable que cada buceador tenga su equipo con una marca de identificación personal como sus iniciales y también una pequeña descripción o detalle en su logbook y en orden dentro del bolso, teniendo arriba los elementos que primero utilizará, como ser el traje de neoprene, el BCD y el regulador para su armado.

El Divemaster debe aconsejar que los buzos estén en el muelle de embarque con anticipación y sepan ubicarse donde le indique la tripulación, así como saber si alguno tiene tendencia a marearse, avisar que busquen situarse en el medio de la embarcación, en algún lugar abierto y lejos del escape de los motores y que también pueden tomar medicación para los mareos por lo menos media hora antes de embarcar, pero con la

consecuencia de experimentar sueño e hipotonía.

Antes de llegar a destino y anclar el barco, el Divemaster debe recomendar a los buzos que tengan el traje de neoprene puesto y que sean ordenado con su equipo, tengan cuidado con los cilindros y el cinturón de lastre, así como en caso de mar picado verificar que estén sentados hasta que la embarcación detenga su marcha y finalice las maniobras de anclado. Algo para hacer tomar conciencia en los buceadores es que las aletas se colocan en el último instante cuando se va a ingresar al agua y es lo último que se saca una vez que estamos tomados de la escalera para ascender al barco una vez finalizado el buceo.

Según como sea la maniobra, el Divemaster puede ingresar primero al agua para recibir a los buceadores, mientras un asistente en superficie u otro Divemaster ayuda a terminar de equiparse a los buceadores a su ingreso.

Cuando el Divemaster este en el agua, debe verificar el sentido de la corriente y comenzar guiando en contra de ella y terminando el buceo a favor de está, verificando los horarios de bajamar y pleamar. En caso de que el Divemaster emerja lejos del barco por mucha correntada, debe realizar la señal de auxilio en superficie, o utilizar un silbato para alertar a la tripulación del inconveniente, para que según el caso, puedan ir a buscarlos con el gomón de apoyo. Algunas embarcaciones tienen un cabo de unos 20 mts, con una boya desde la popa, el cual permite acercarse al barco en contra de la corriente con más facilidad. También es recomendable que el Divemaster coloque un cabo

de descenso para lograr estar más estable durante el inicio de la inmersión y no sean los buceadores derivado por la corriente durante el descenso.

Una vez en el fondo debe verificar su rumbo, bucear con brújula u orientándose con las formaciones rocosas y finalizando el buceo con el grupo cerca del barco.

El Divemaster debe explicar que al finalizar el buceo, cuando se acerca el barco a los buceadores se deben tomar del cabo y esperar a tener la escalerilla libre para ascender, que no se agrupen con los otros buceadores en el agua, que dejen espacio para el ascenso, evitando casos desagradables como que se le caiga un buceador encima por estar muy próximo a la escalera.

En el momento de salir, los buceadores deben quitarse las aletas, colocarlas en las muñecas o dárselas a un ayudante en el barco y subir con las manos libres preferentemente con la luneta puesta y el regulador en la boca, lo que evitará un problema mayor en caso que se caiga al subir al barco. Una vez en el barco los buceadores deben quitarse el equipo y si no va a bucear nuevamente guardarlo en su bolso o mochila.

# Anotaciones:

# Anotaciones:

# Guiando buceadores.

Una de las grandes responsabilidades de un Divemaster será guiar buceadores, por lo cual, planteamos aquí algunas recomendaciones para llevarlas a cabo de la mejor manera.

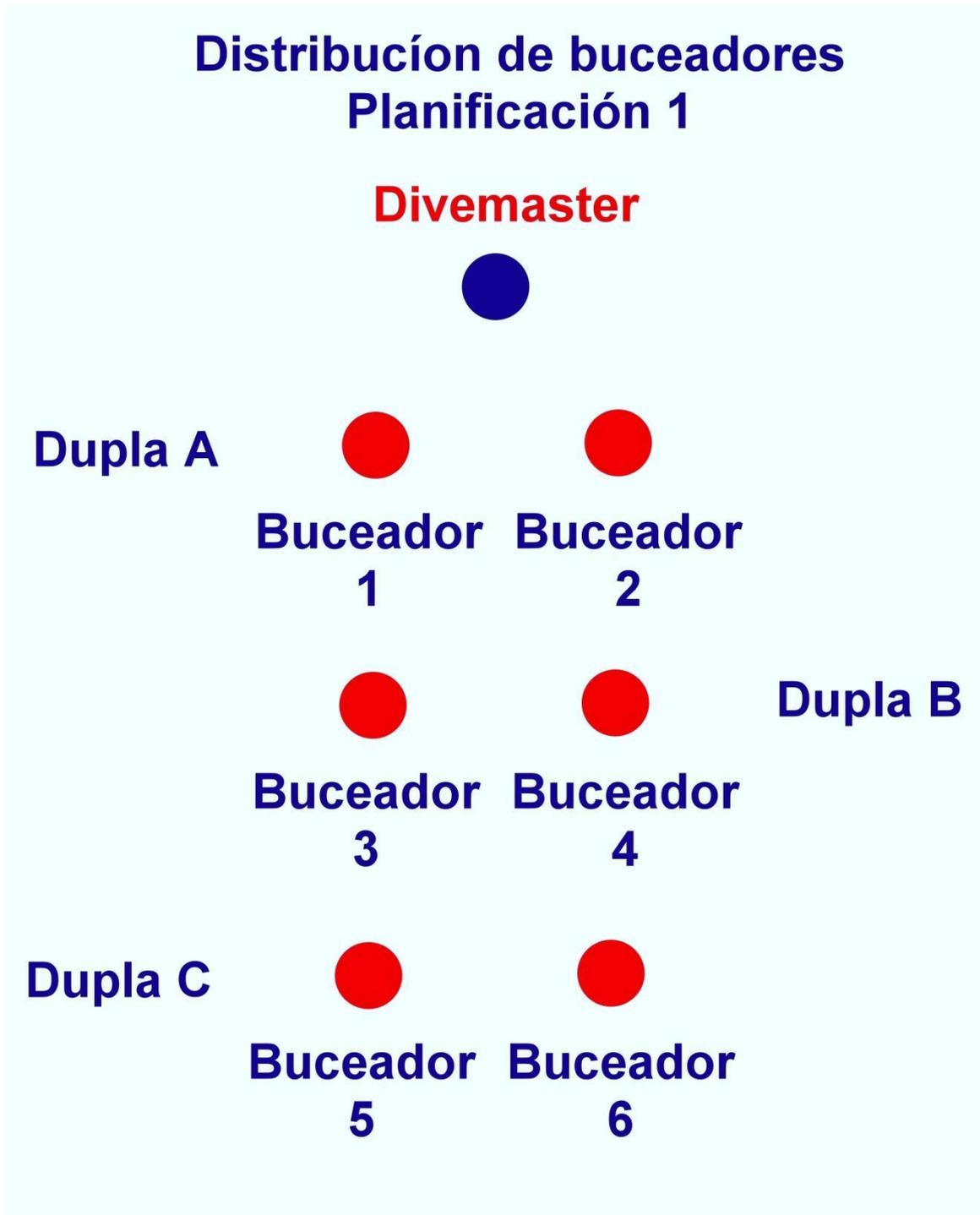
Las planificaciones pueden variar de acuerdo a las condiciones de buceo, por ejemplo visibilidad, buceo nocturnos o sin acceso directo a superficie, corrientes, profundidad, etc. Lo que aquí veremos son técnicas basadas en la condición donde como guías podemos ver hasta la última dupla o Divemaster que esté cerrando el grupo que estamos liderando.

Hay varios factores a tener en cuenta, uno de los más importantes es la experiencia de los buceadores y su actitud frente a las directivas que el líder determine. Siempre tome en cuenta que en los cambios de rumbo, como bordeo de pedrones, naufragios o arrecifes los buceadores suelen separarse del Divemaster y el grupo. Esté muy atento y asegúrese de que al girar lo están siguiendo.

## **Distribución de Buceadores Planificación 1.**

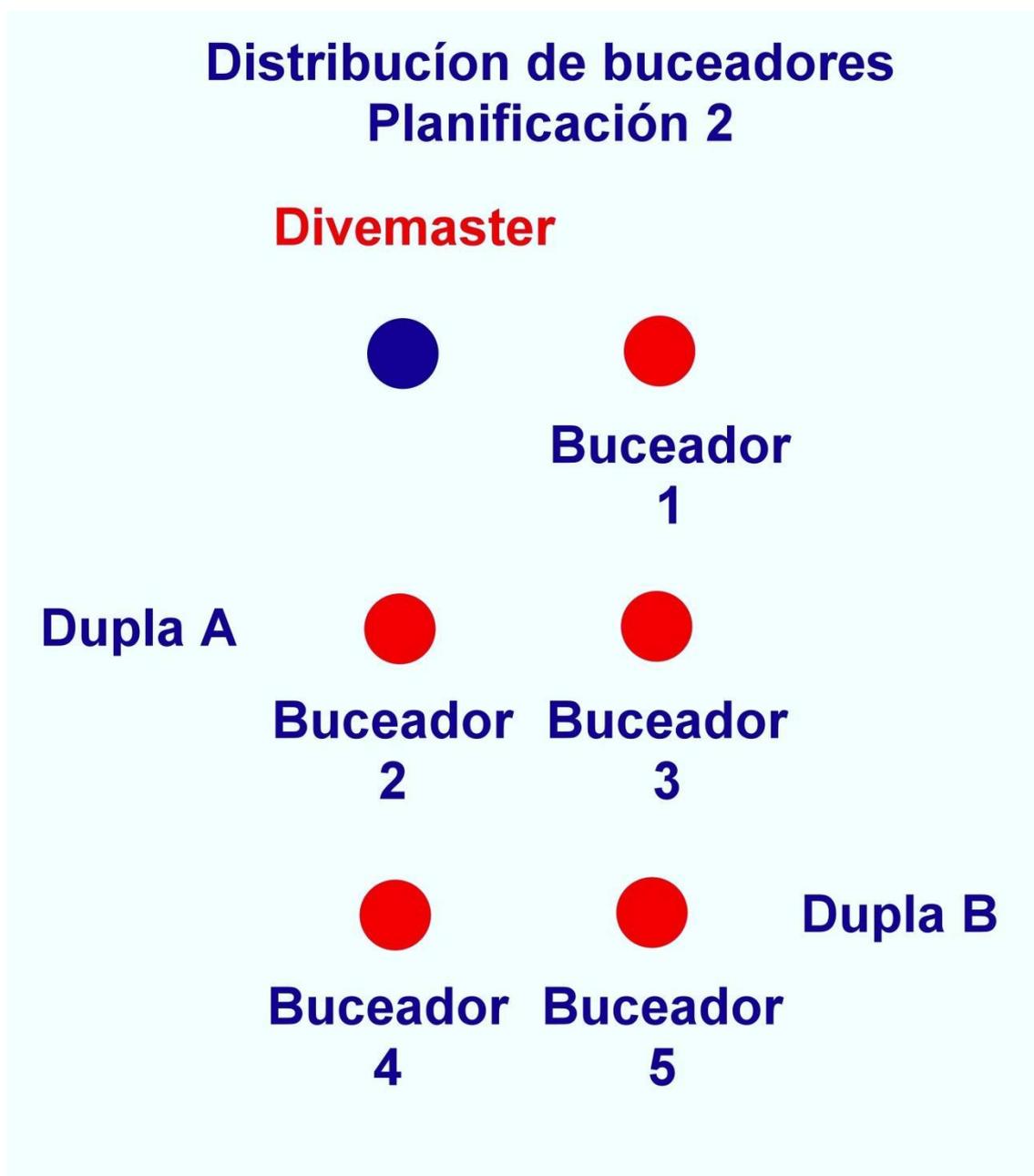
En esta planificación, tenemos 3 duplas de buceadores. Donde siempre las de menos experiencia deberán estar más cercanas al Divemaster y cerrando el grupo podrá estar la dupla de mayor experiencia y con buena actitud para no atrasarse y separarse del grupo, teniendo siempre contacto visual con la dupla de adelante. En los casos de buceo de paredones, tanto de islas,

montañas o continentales, los buceadores de menos experiencia deberán ir más cercanos a las mismas para tener mejor referencias visuales



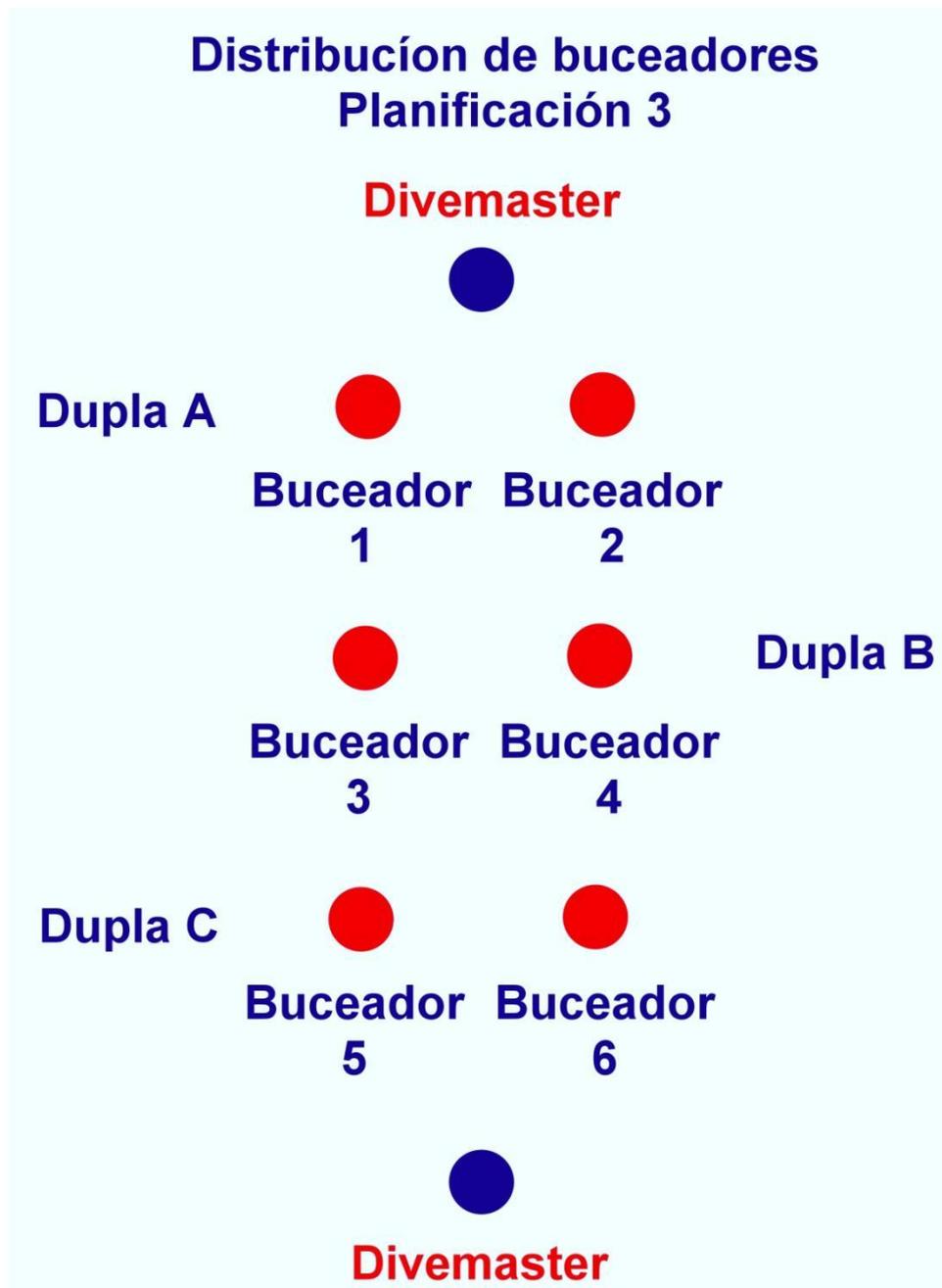
## Distribución de Buceadores Planificación 2.

En esta planificación, tenemos 5 buceadores, por lo cual podremos armar dos duplas y el buceador restante y de menos experiencia tendrá que bucear junto al Divemaster.



## Distribución de Buceadores Planificación 3.

En esta planificación, tenemos 6 buceadores con mínima experiencia, por lo cual podremos armar tres duplas y cerrando el grupo deberemos incorporar otro Divemaster para que tenga una visión global y mejor cuidado de los buceadores.



# Anotaciones:

# Anotaciones:

# ■ Medio ambiente de buceo.

## Buceo oceánico

Los océanos proveen la mayoría de los lugares de buceo. Sus primeros buceos en aguas abiertas serán probablemente hechos en un océano. Un océano es un lugar dinámico, con cambios y movimientos constantes. Muchas veces calmo y otros violentos. Para poder obtener lo máximo de los buceos oceánicos y para que podamos evitar situaciones difíciles, es preciso tener el debido respeto y un buen nivel de conocimientos. Discutiremos aquí las olas, rompientes, varios tipos de corrientes y mareas, fundamentalmente en las condiciones de un buceo oceánico.

Excepto por las grandes corrientes oceánicas, permanentes y de largo espectro, el movimiento de agua más importante para los buceadores es el generado por las olas. Las olas se forman por la acción del viento sobre la superficie del mar. Estas pueden viajar enormes distancias hasta romper en aguas poco profundas en las playas. El tamaño de las olas depende de la fuerza y duración del viento que las generó. Cada vez que una ola llega a aguas poco profundas, su porción inferior es deformada por el fondo, causando que crezca en su parte superior y como consecuencia de esto, rompa. La zona donde rompen las olas se llama rompiente.

El buceo a través de una rompiente requiere entrenamiento especial. Las olas rompen en profundidades levemente mayores

que su altura. Bancos de arena, naufragios, restingas, etc. pueden causar que las olas rompan antes de la zona de rompiente propiamente dicha. Estos lugares pueden ofrecer buenos puntos de buceo. Trate de observar las olas para localizar estos lugares. Al entrar en aguas poco profundas, con olas pasando por la superficie, percibirá un movimiento de vaivén, que podría moverlo una distancia considerable. La mejor forma de evitarlo es ir lo más profundo posible.

Cada vez que una ola rompe en la playa, ésta vuelve en dirección al océano, lo que se denomina reflujo. El reflujo se disipa en profundidades de 3 metros o menos, no causando preocupación, con excepción de algunos cuidados que se deben tomar durante el ingreso.

Generalmente las olas llegan a la playa con un pequeño ángulo, generando corrientes costeras.

Al bucear en lugares con corrientes costeras, Ud. puede salir en contra de ella, para volver con su ayuda o bucear a favor de ella hasta un punto de salida planeado.

Otra forma de corriente a considerarse es la denominada corriente de rasgadura, generada por un aglomeramiento de agua al pasar por un pasaje estrecho. Las corrientes de rasgadura pueden ser fuertes y problemáticas, llevando al buceador lejos de la costa rápidamente.

Es posible reconocer una corriente de rasgadura (chupón) al ver una faja de agua turbia y espumosa, moviéndose en dirección al

mar, además tiende a interrumpir el patrón normal de las olas. Evítelas. En caso de ser arrastrado por una de estas corrientes, establezca amplia flotabilidad positiva y nade paralelo a la costa hasta salir de la corriente.

## **Mareas, Vientos y Corrientes**

Entre los movimientos del agua marina se encuentran:

### **Mareas**

Flujo y reflujo causados principalmente por la fuerza de atracción de la Luna. Diariamente recorren la Tierra dos montañas de olas (marea alta) y dos valles de olas (marea baja). Ocasiona una elevación y un descenso del nivel del agua de hasta 12 metros en ciclos de seis horas pero a consecuencia de ello se forman importantes corrientes de mareas en costas, mares laterales y desembocaduras. El viento y la tormenta crean, a causa de una presión natural, tangencial, las olas marinas, que por oscilación pueden recorrer grandes distancias.

### **La formación de las olas:**

Las olas, principal factor de la activa erosión litoral, deben ser distinguidas de las ondas. Se originan por diversas causas, principalmente por el viento.

### **Las ondas**

Como ejemplo de ondas puede citarse la agitación producida en la superficie de las aguas tranquilas de un estanque, cuando se arroja una piedra. Alrededor del punto de caída se producen

unas ondas concéntricas, que se expanden, pero sin desplazar a los objetos que flotan sobre las aguas. Este movimiento es el que origina la onda, que sólo agita las moléculas de agua en sentido vertical, sin desplazamiento horizontal. En los mares ecuatoriales y tropicales es frecuente que los navíos se vean mecidos por largas y amplias ondulaciones sin que sople el viento y con mar completamente llana. Estas ondas que se suceden con regularidad y gran monotonía son el resultado producido por las olas de fuertes temporales, originados a veces a centenares de kilómetros de distancia.

## Las olas

Sobre un mar en calma aceitosa empieza a soplar una ligera brisa. De inmediato aparecen irregularidades sobre la superficie del agua en forma de ondas repartidas como el dibujo de un diamante. Si el viento cesa, las olitas capilares se deshacen porque son más débiles que la tensión superficial del agua marina. Pero si el viento persiste, encuentra un asidero en estas ondas y las hace crecer. El efecto se realimenta porque cuanto mayores son, mayor es el agarre del viento y surgen las olas. Al ser una magnitud vectorial se define por su dirección sentido y por su velocidad. La fuerza del viento 5, por ejemplo, origina olas de 60 metros de longitud (de cresta a cresta), cinco metros de altura y seis segundos de período (por período se entiende el tiempo de oscilación de una onda), es decir, de una velocidad de diez metros por segundo. Las mayores olas, durante los tifones, alcanzan los 15 metros de altura. La marejada siempre actúa

en los océanos. Es más suave en su redondez que una ola de viento, pero alcanza con frecuencia más de 300 metros de longitud de onda por 8 metros de altura y 15 segundos de período, es decir, una velocidad de 20 metros por segundo. Las olas en contra, que antes hacían peligrar la navegación, se originan fácilmente por el encuentro de olas o marejadas de direcciones contrarias. También son muy temidas las olas de fondo (olas empinadas, elevadas, originadas por el rozamiento de fondo) y los rompientes en la orilla o en los bancos adelantados. Las olas sísmicas, ocasionadas por terremotos, pueden alcanzar un efecto desastroso y atravesar largas distancias, muchas veces incluso a regiones oceánicas vecinas.

## Longitud de onda

Entre una cresta de ola y la siguiente o la precedente existe una distancia variable que recibe el nombre de longitud de onda del oleaje y viene expresada en metros. Cuando el fondo del mar está a una profundidad igual o inferior a la mitad de la longitud de onda, el fondo marino se encuentra afectado por la dinámica del oleaje, acentuándose dicha acción cuando para una misma longitud de onda disminuye la profundidad. La ola, al sufrir un rozamiento sobre el fondo, pierde parte de su energía, que es utilizada para remover, erosionar o transportar los materiales del fondo. El choque superficial de una ola queda reducido al 15 por ciento a 20 metros y sólo llega a ser un 1 por ciento a los 50 metros.

Una vez formada, la ola ya no depende del viento, sino de su

propia gravedad: una ola cae en el seno de la ola que le precede y la onda o elevación se propaga sin perder casi energía, ya que no mueve masa de agua. Si el viento aumenta su velocidad, las elevaciones son mayores, crece la distancia entre las crestas y la velocidad de propagación. Desgraciadamente, el tamaño de las olas no aumenta linealmente con la velocidad del viento sino de forma exponencial: las olas generadas por un viento de 40 nudos no son el doble de grandes que las producidas por un viento de 20 nudos, sino que son 17 veces más grandes. Cuando el viento arrecia violentamente, la distancia entre crestas se acorta y los frentes se hacen más pendientes. Si la altura de la ola alcanza la séptima parte de la "longitud de onda" (distancia entre las crestas), la ola no se sostiene y rompe porque no puede mantener su propia masa de agua. En ese momento, toda la energía cinética acumulada a lo largo de muchas millas marinas por el viento se transforma en transporte de agua. La cantidad de energía "liberada" es tan grande que destruye diques y rompeolas moviendo bloques de hasta tres toneladas de peso. Las olas aumentan su tamaño en relación con la velocidad del viento, con la duración temporal de dicho viento y con la distancia recorrida en mar abierto antes de encontrar el obstáculo de una costa. Este último factor es el denominado "fetch". Una tormenta lejana, originada en Terranova, crea las olas que se desplazan en dirección a Europa y que se "pisan" unas a otras sumándose y acumulando energía. Los marinos conocen bien las agrupaciones de olas (las Tres Marías), muy inestables, y que pueden llegar a las costas de Francia con tal

altura que llegan a romper al tocar la plataforma continental. El fenómeno de las olas solitarias o gigantes, creadas por acumulación de varias más pequeñas, está presente en todos los mares abiertos del mundo y pueden aparecer en un océano aparentemente tranquilo. Si además se encuentran con una corriente marina contraria, entonces se acorta la longitud de onda y se elevan peligrosamente. Un buen ejemplo de estos casos extremos aparece en el encuentro de la corriente de las Agujas (costa de Sudáfrica) con las olas de los temporales antárticos que recalán frente a Durban y East London.

## Olas de interferencia

Cuando por razones diversas las olas se encuentran según ángulos distintos, se origina una ola de interferencia, fenómeno muy frecuente y característico en el centro de ciclones y tifones. A fenómenos de interferencia parecen debidas las grandes olas denominadas de marea (las Tres Marías) que se originan después de una serie de olas de tamaño ordinario

## Altura máxima

Hay pocos datos sobre la altura máxima que puede alcanzar una ola. Siempre se recuerda el caso del petrolero de la Navy "Rampao" y su encuentro con una ola de 34 metros en pleno océano Pacífico en el año 1933. Aquella ola solitaria, formada tras un temporal que duró una semana y que sopló con vientos de 68 nudos, no es quizás la mayor que pueda crear la

naturaleza. Seguramente existen olas de más de 50 metros de altura, pero quien se ha encontrado con ellas en alta mar no ha sobrevivido para contarlo.

## El rompimiento de las olas

El efecto más importante producido por el oleaje es el choque de las olas contra las costas escarpadas o la base de los acantilados: es el fenómeno que más impresiona, y al mismo tiempo, el más hermoso que el mar puede ofrecer. Al llegar la ola cerca del obstáculo, crece, se empina y disminuye de anchura, e impulsada por su misma velocidad pierde el equilibrio y se estrella sobre las peñas que forman la costa, elevándose a notable altura. Si la pendiente del litoral es muy escasa o si lo forman playas dilatadas, las olas que vienen desde lejos, al rozar con el fondo sufren un retraso en sus zonas bajas, mientras que las superiores avanzan. Este desequilibrio se va acentuando cada vez más y da origen, primero, a que la ola adquiera mayor altura, y, luego, a que su cresta caiga hacia delante y rompa sobre la playa, en un movimiento que en apariencia es como si la ola se arrollase y rodase sobre la arena, marcándose una serie de fajas espumosas que avanzan a la misma velocidad y equidistantes; pero que desaparecen en la orilla conforme nuevas olas originan otras bandas parecidas.

## Acción de los temporales

Se han observado olas que al estrellarse en la base de los acantilados elevan a más de 60 metros

de altura sus penachos de blanca espuma. En el caso de la costa de la isla formada por el volcán Stromboli, las salpicaduras de las olas han llegado a elevarse hasta 97 metros. En medio de los grandes temporales, los faros de 45 metros de elevación quedan envueltos por el oleaje, las salpicaduras y la espuma producidas por las olas al romper sobre las rocas en que se hallan asentados estos faros. Es tanta la fuerza que en determinados casos adquieren las olas, que son capaces de remover bloques de más de 1000 toneladas. En el faro de Skerryvore, islote del océano Atlántico situado al sudoeste de la isla de Tirco, en Escocia, la presión por metro cuadrado llega a 3000 kilos durante el verano y a los 10.000 kilos durante el invierno; pero se ha dado el caso de alcanzar 30.500 kilos en los grandes temporales.

## El viento

Es el movimiento del aire en la atmósfera con relación a la superficie terrestre, originado por la diferente densidad de masas de aire que se encuentran a distinta temperatura. En meteorología se denomina como tal la componente del movimiento del aire paralela a la superficie terrestre.

Los movimientos de las masas de aire en otras direcciones se denominan corrientes de aire. Por medio del viento se transporta la humedad y el calor de unas zonas a otras, parámetros fundamentales que configuran el tiempo en un lugar.

Las corrientes marinas son de gran importancia, especialmente

para el clima, sobre todo la Corriente del Golfo y su contracorriente, la Corriente del Labrador, cubierta de témpanos.

Todas ellas deben su origen principalmente a los grandes sistemas de viento de la Tierra, aunque también están dirigidas por las diferencias de densidad y contenido de sal, así como de temperatura y las influencias de la evaporación; y por la rotación de la Tierra, que les proporciona en el hemisferio norte una tendencia a la derecha, en el hemisferio sur una tendencia hacia la izquierda. También es la rotación de la Tierra la que origina, en una profundidad de 50 hasta 200 metros por debajo de las corrientes, una inversión total de la dirección de éstas. Es comprensible que el agua que desaparece de una parte del mar tenga que ser sustituida por el agua proveniente de otra parte. Entre tales corrientes compensatorias se cuentan las corrientes profundas así como las corrientes frías de elevación a partir del fondo del mar (por ejemplo en las costas occidentales de América y África). Las corrientes marinas (de las que la Corriente de Somalia y la del Golfo -en el momento de su salida del Estrecho de Florida- son, con 9 kilómetros por hora, las más rápidas) dan, en su totalidad, una imagen muy complicada, que incluso cartográficamente sólo se pueden reproducir por aproximación.

En las corrientes marinas podemos distinguir dos tipos: las generales, ocasionadas por movimientos producidos por el viento y las distintas temperaturas que presentan los mares en sus capas superficiales, y las costeras, que en la mayoría de los

casos son debidas a la marea o a los vientos locales de las regiones en donde actúan. Las primeras son de mayor importancia.

Las corrientes generales se dividen en cálidas y frías, según sus aguas tengan una temperatura mayor o menor en relación a las próximas. Entre las cálidas podemos citar el Gulf Stream o corriente del Golfo, por originarse en el golfo de México y mar Caribe. También es importante la del Kuro-siwo o Corriente Negra, nombre que, en japonés alude al color oscuro de sus aguas.

Las corrientes marinas son verdaderos ríos que avanzan entre orillas constituidas por agua, y su velocidad es suficiente para dejar sentir su influjo en la navegación, siendo semejante a la de un amplio río de escasa pendiente, pues rara vez la velocidad pasa de 1m/s y sólo en estrechos pasos. El desplazamiento de las aguas es sólo superficial, pues a la profundidad de 200 metros, la existencia de la corriente únicamente nos la indica la diferencia de temperatura de las aguas y no su movimiento. Las corrientes cálidas son de forma circular, es decir, que sus aguas recorren los mares y, teóricamente, regresan al punto de partida. Sin embargo, algunas ramas pueden desprenderse de ellas y avanzar en los mares más fríos hasta perderse allí. Las frías, por el contrario, casi nunca son cíclicas, sino lineales, y parece como si fueran atraídas por el remolino producido por las anteriores. Las cálidas se agrupan hacia el norte y sur del ecuador, estando comprendido su ciclo entre dicha línea geográfica y los 40 a los

45 grados de latitud norte y sur, si bien se mezclan entre ellas, formando fajas, ramas frías. Estas, por lo general, se dirigen de norte a sur en el hemisferio boreal, y de sur a norte en el austral, pero sufriendo, como los vientos, el desvío por el movimiento de rotación de la Tierra. Las cálidas giran como las manecillas de un reloj en el hemisferio norte, y, al contrario, en el sur.

## Estudio de la concentración de oxígeno

Los oceanógrafos estudian las corrientes utilizando el oxígeno como elemento trazador. El agua fría absorbe más oxígeno que la caliente. El agua superficial ártica es particularmente rica en oxígeno. Al descender cede su oxígeno a los organismos que se alimentan de él. Midiendo la concentración de oxígeno del agua profunda en diversos lugares, se puede comprobar la dirección de las corrientes marinas profundas. Este tipo de cartografía ha demostrado que una importante corriente fluye desde el Ártico hacia el Atlántico Sur. El Pacífico no recibe ninguna corriente directa del Ártico obstaculizado por el angosto estrecho de Bering. Es el camino final de las corrientes profundas. Sus aguas profundas son pobres en oxígeno y tiene amplias zonas muy espaciadamente pobladas de seres vivos. Constituyen la equivalencia de las áreas desérticas en tierra firme. En los mares casi interiores como el Mediterráneo la circulación de oxígeno y alimentos queda parcialmente obstaculizada.

## Clasificación de las corrientes marinas:

Actualmente las corrientes marinas se clasifican en cinco

grandes grupos:

1. Corrientes oceánicas: Son aperiódicas, como en el caso del Gulf Stream, o con periodos muy largos, como el caso de las monzónicas. Transportan considerables masas de agua a distancias de millares de kilómetros afectando a la capa de agua superficial (primeros centenares de metros).
2. Corrientes de marea: Son periódicas, diurnas o semidiurnas, y están afectadas por la atracción lunar.
3. Corrientes que acompañan al oleaje y la marejada: Son las responsables de las grandes modificaciones del litoral en el curso de las tempestades, bajo el efecto de corrientes que pueden alcanzar velocidades de 0,50 m/seg.
4. Corrientes de turbidez: Coexisten casi siempre con otras corrientes, teniendo una gran influencia en su génesis y extensión, como por ejemplo en las grandes corrientes oceánicas.
5. Corrientes de densidad: Se deben a la presencia vertical de dos masas de agua con densidades diferentes, de modo que la superior tenga mayor densidad que la inferior y la superficie isobárica sea oblicua, actuando sobre ambas masas la fuerza de coriolis que facilita el desplazamiento de una sobre otra.

**Efecto de Coriolis:** Al calentar los rayos verticales del Sol las aguas del Ecuador, éstas se dilatan y elevan unos centímetros el nivel del mar. Debido a la rotación de la Tierra, las corrientes y

los vientos se mueven en el sentido de las agujas del reloj, en el hemisferio norte, y al contrario en el sur.

## Nubosidad

Cuando el invisible vapor de agua que se encuentra en la atmósfera se condensa ya sea en forma de agua o cristales de hielo, se hace visible y forma lo que conocemos con el nombre de Nubes.

Las más altas (a 6000 o más metros de altura) llamadas Cirrus contienen generalmente diminutos cristales de hielo; las demás están formadas por gotitas de agua cuyos diámetros varían desde unos pocos micrones hasta 5 milímetros, siendo este último un valor extremo puesto que con un diámetro mayor las gotas se deforman o rompen.

**Para los fines de esta publicación puede afirmarse que esencialmente existen dos tipos de nubes a saber:**

A) Las estratiformes, que tienen una gran extensión horizontal y en donde las corrientes verticales no son importantes (del orden de 1 a 3 m/s). Estas nubes cuando tienen un espesor considerable pueden producir precipitaciones continuas y persistentes, sin provocar ráfagas de viento en superficie.

B) Las convectivas, que tienen poca extensión horizontal, gran desarrollo vertical y en cuyo interior las corrientes ascendentes y descendentes alcanzan velocidades del orden de 6 m/s o más.

La máxima expresión de esta nubosidad es Cumulonimbus (abreviatura Cb.) con un diámetro que varía de 20 a 50 km., en

tanto que en las denominadas células de tormentas gigantes, ese diámetro puede alcanzar hasta 150 km. En cuanto a su desarrollo vertical, éste puede llegar a 14 o más kilómetros; en casos extremos, en los Cb. Pueden registrarse corrientes verticales de hasta 180 km/h. (100 nudos).

Los Cumulonimbus se caracterizan por producir precipitaciones intensas, granizo, rayos y por consiguiente relámpagos y truenos, además de ráfagas fuertes a muy fuertes en superficie, en donde pueden alcanzar 100 a 120 km/h. (55 a 65 nudos), y aún sobrepasar los 150 km/h. (85 nudos).

# Bibliografía.

## **- Manual de Buceo DCIEM.**

Defense and Civil Institute Environmental Medicine, Toronto, Canada.

## **- Manual de Buceo de la Marina Americana.**

Manual de buceo 2008 US Navy Diving Manual Rev6. Traducido al Español.

## **- Manual Técnicas Avanzadas de Mergulho**

por Mauricio Carvalho, Rio de Janeiro, 1993. Professional Diving Instructors Corporation.

## **- Artículos Especializados:**

Divers Alert Network, United States of América.

Todo buceo. España.

Bajo el Agua. España.

Alvarez. España.

## **- Edición y Actualización.**

Alejandro García Arias.