

# PARADAS PROFUNDAS

Fuentes de Información recopilada:

Informe DAN *Project Safe Dive*

Articulo de Masdebuceo.com

Bibliografía de Dr. Pile.

A pesar que muchos buceadores recreativos realizan sus inmersiones dentro de la curva de seguridad (buceo sin parada formal de descompresión), de utilizan ordenadores que reducen los accidentes por cálculos erróneos al utilizar las tablas, de reducir la velocidad de ascenso de 18 m/min hasta 6 m/min y haber introducido una parada de seguridad a 5 metros de 3 a 5 minutos, continúa existiendo un reducido porcentaje de casos de ED aparentemente inexplicables. Los últimos estudios y modelos descompresivos han demostrado que muchos de ellos responden a unas determinadas condiciones y factores, de la misma manera se previenen mediante la realización de paradas profundas como medio de reducir al mínimo la formación de microburbujas

## **Project Safe Dive de DAN, estudio sobre la aplicación de paradas profundas en buceo recreativo**

Las estadísticas de la organización Divers Alert Network (DAN) sobre casos de enfermedad descompresiva revelan que el número de accidentes descompresivos entre buceadores recreativos que no han rebasado la curva de seguridad en inmersiones sin descompresión es de entre uno y tres casos por cada 10.000 inmersiones.

En esos informes de DAN sobre casos de enfermedad descompresiva en inmersiones sin descompresión un 25% es de ED Tipo I (daños y alteraciones músculoesqueléticas y articulares; los denominados bends) frente a un 65% de ED Tipo II (daños neurológicos del SNC, cerebro, médula espinal y sistema circulatorio) y un 10% de embolias gaseosas.

Estudios de DAN han demostrado que realizar paradas profundas iniciales, frente a las paradas descompresivas estandar que incluyen las diferentes tablas de buceo con aire comprimido, produce una drástica reducción de las llamadas **microburbujas o "burbujas silenciosas"** (citadas ya por los fisiólogos J. B. Bateman y A. R. Behnke en 1951) en el torrente sanguíneo y en el sistema nervioso central de los buceadores recreativos.

Estas fueron las conclusiones a las que llegaron el Dr. Frans J. Cronje, el profesor Alessandro Marroni (presidente de DAN Europa), y el Dr. Richard Vann (vicepresidente de desarrollo de DAN y jefe del trabajo del PSD) a través de un estudio realizado con la colaboración de buceadores italianos voluntarios que realizaron 1.418 inmersiones de buceo recreativo dentro del denominado *Project Safe Dive*.

Los estudios llevados a cabo midieron mediante técnicas doppler la formación y la cantidad de microburbujas en distintos buceadores que habían realizado la misma inmersión repetidamente a una profundidad máxima de 25 metros utilizando aire. Se tomaron 3 rangos de velocidad de ascenso, a 3m/minuto, a 10 m/minuto y a 18 m/minuto. A su vez estos rangos de velocidad de ascenso se combinaron con diferentes perfiles de ascenso: el primero grupo

ascendió sin paradas, el segundo grupo utilizó la tradicional parada de seguridad de 5 minutos a 6 metros y el tercero realizó una primera parada profunda de 5 minutos efectuada a 15 metros, seguida de la parada de seguridad de 5 minutos a 6 metros.



Botellas y narguilé colocados a 6 m.  
F.J. López Motilla ©

La técnica conocida como Doppler Bubble Score Index consiste básicamente en "escuchar" mediante ultrasonidos el paso de burbujas a través del ventrículo derecho, lo que sirve para medir la cantidad de microburbujas que hay en el torrente sanguíneo tras una inmersión. Un alto índice Doppler está directamente relacionado con una mayor probabilidad de padecer enfermedad descompresiva de grado II.

Durante las inmersiones que se llevaron a cabo en esta investigación, ninguno de los buceadores mostró síntomas de enfermedad descompresiva, pero en

un 30% de los casos analizados se detectó la presencia de un índice elevado de microburbujas.

Los buceadores que realizaron el ascenso sin paradas tenían el mayor índice de microburbujas en el torrente sanguíneo medido con técnicas Doppler, mientras que los buceadores que ascendieron a una velocidad de 10m/minuto, realizando una parada profunda a 15 metros y la parada de seguridad a 6 metros fueron los que menos índice Doppler mostraron con un porcentaje cercano a 0% de microburbujas.

Las conclusiones finales de DAN con este estudio fueron que los responsables de la formación de microburbujas causantes de una enfermedad descompresiva de tipo II (neurológico) en inmersiones recreativas sin descompresión son:

La velocidad de ascenso

El tiempo total en llegar a superficie

La sobresaturación de los tejidos rápidos

Otro factor que cada día preocupa más a los expertos en seguridad y buceo es la existencia de factores de riesgo como el **Foramen Oval**

**Permeable (PFO)** al que se le atribuyen el 90% de los casos de ED Tipo II en los que se realizó correctamente la descompresión. El PFO tiene incidencia en los daños neurológicos, pues permite que las burbujas puedan acceder al sistema arterial y por tanto tengan vía libre hacia el cerebro.

### ***Ventajas de introducir paradas profundas***

Introducir paradas profundas ha revolucionado las técnicas descompresivas utilizadas hasta ahora y ha demostrado que disminuye significativamente el registro de microburbujas y la tensión de gases en los tejidos de saturación rápida del organismo (sistema nervioso central, médula espinal, cerebro y sistema circulatorio), en inmersiones recreativas con un perfil cuadrado de inmersión.

Sin embargo esas conclusiones no son nuevas, y forman parte desde hace tiempo de los protocolos de descompresión de los buceadores técnicos.



Inmersión técnica en un pecio. F.J. López Motilla ©

### **Un poco de historia de los modelos descompresivos**

En 1878 el fisiólogo francés Paul Bert, en su obra *Barometric Pressure*, reveló la toxicidad del oxígeno respirado a altas presiones y demostró el mecanismo de producción de la enfermedad descompresiva, comprobando cómo la formación de burbujas de nitrógeno durante una descompresión rápida producía graves síntomas derivados en el organismo.

Siguiendo sus hallazgos, el primer fisiólogo que investigó acerca de la realización de paradas descompresivas profundas en inmersión fue el británico John Scott Haldane. A principios del s. XX, concretamente en 1906, Haldane junto con los científicos Arthur E. Boycott y Guybon C. Damant, elaboran su teoría de la descompresión, publicada en su trabajo “*The prevention of compressed-air illness*” y que trae como resultado la creación de la primera tabla de descompresión de buceo en colaboración con la Royal NAVY británica que las adoptó. La US NAVY adoptó las tablas de Haldane en 1915, y las utilizó realizando modificaciones a partir de 1930, hasta la aparición de sus propias tablas en 1953. A partir de 1980 las tablas de la US NAVY de buceo con aire comprimido fueron adoptadas por las diferentes organizaciones de enseñanza de buceo.

En su teoría Haldane propugnaba que la absorción y eliminación de nitrógeno en los distintos tejidos se producía en diferentes tiempos y de una manera exponencial.

Durante la inmersión el organismo absorbe nitrógeno que se disuelve en los diferentes tejidos en función de la presión a la que estén sometidos. A > presión/profundidad > cantidad de nitrógeno disuelto. Durante el ascenso el nitrógeno se elimina de forma progresiva durante la fase de espiración de la respiración. Haldane ya fue consciente de que el cuerpo humano está formado por distintos tejidos con tiempos de saturación/eliminación diferentes. Además según la teoría de Haldane, los buceadores podían ascender rápidamente hasta una cota en la que la presión absoluta fuera la mitad de la presión absoluta máxima alcanzada durante la inmersión, sin sufrir una enfermedad descompresiva. Si la relación de presiones era de 2 a 1, el gas se eliminaba sin generar burbujas. Realizar esta parada profunda para eliminar gases antes de continuar hacia la superficie, era la correcta forma de eliminar el nitrógeno de la sangre.

Por otro lado, Sir Leonard Hill, profesor de fisiología en el London Hospital y contemporáneo de Haldane, proponía una teoría distinta que consistía en un ascenso directo a superficie pero mucho más lento. Recordemos que por aquel entonces los buceadores utilizaban la clásica escafandra de buzo y eran izados a superficie muy lentamente.

Como sus teorías eran opuestas, Sir Leonard Hill trató de demostrar a Haldane su teoría realizando un experimento en el que utilizaron 85 cabras a las que sometieron a ambos modelos descompresivos. Finalmente, el modelo de Haldane, que propugnaba paradas cercanas a la superficie, se impuso al de Hill, que se basaba en un ascenso continuo y lento a una velocidad aproximada de 1,5 m/min hasta la superficie. Tras varios días de ensayos y la muerte de algunas cabras, la teoría de Haldane se mostró más eficaz y sus tablas fueron adoptadas por la Royal NAVY.

A modo comparativo de los distintos métodos descompresivos, diremos que las primeras tablas de Haldane, contemplaban el estudio de 5 tejidos o compartimentos. Medio siglo después, la US NAVY lo amplió a 6. Las últimas tablas de Büehlmann controlan 16 tejidos, mientras que las tablas RGBM de B. Wienke contemplan hasta 30 tejidos.

### ***El descubrimiento del Dr. Richard Pyle***

Las paradas profundas las popularizó tiempo después el Dr. Richard Pyle, biólogo marino australiano especialista en ictiología, que publicó en 1996 en la revista Cave Diving Group las conclusiones a las que había llegado a través de sus trabajos de recolección de especies marinas a grandes profundidades. En ocasiones durante sus inmersiones profundas experimentaba al llegar a superficie molestias, dolores y una fuerte sensación de fatiga, sin llegar a tratarse de síntomas de ED.

Pyle tenía un problema al capturar peces a gran profundidad y es que éstos morían al no soportar las enormes variaciones de presión de hasta 7 atms. que les provocaba que sus vejigas natatorias se hincharan por aumento de volumen hasta reventar, lo que les ocasionaba la muerte camino de la superficie. Para solucionar este problema realizaba paradas a cierta profundidad para hacer una punción en la vejiga de los peces con una aguja hipodérmica para

Dr. Richard Pyle. USDCT ©



disminuir la presión y conseguir ascenderlos vivos a superficie. Curiosamente de esta manera descubrió que realizando esas paradas profundas los síntomas de cansancio extremo y fatiga que experimentaba cuando no las realizaba, desaparecían totalmente. De modo que a partir de entonces el ascenso desde el fondo lo realizaba lo más lento posible y efectuaba paradas profundas. Posteriormente DAN se interesó por sus experiencias y comenzó a investigar utilizando técnicas Doppler de medición de microburbujas en tejidos.

El llamado método Pyle es especialmente válido para inmersiones profundas con permanencias cortas en el fondo. Sus conclusiones fueron:

Paradas de descompresión profundas de 2 a 3 minutos. Para hallar la cota tomamos la máxima profundidad alcanzada + la profundidad de la primera parada obligatoria o en su defecto de la parada de seguridad y lo dividimos entre dos.

Prof. máxima + profundidad 1ª parada / 2

se recalcula sucesivamente el perfil de descompresión tomando como referencia la profundidad de las paradas profundas tantas veces como sea necesario mientras la diferencia entre las paradas profundas y las obligatorias sea mayor de 9 metros.

También puede realizarse el cálculo de las presiones  $(5.5 \text{ ATA} + 2.2 \text{ ATA}) / 2 = 3,85 \text{ ATA}$ , que equivaldría a 28,5 metros para la primera parada profunda, pero es algo más complicado.

Una vez que el buceador haya entrado en descompresión, lógicamente el tiempo total de la descompresión aumentará al detenerse a realizar las paradas profundas, con respecto a si no se hubiera detenido y hubiese ascendido directamente hasta la primera parada obligatoria de descompresión. Sin embargo el Dr. Pyle considera que planificando el gas necesario para realizar las paradas profundas, el beneficio de realizarlas es claramente mayor que si no las hacemos.

La realización de paradas profundas en buceo recreativo también tiene sus inconvenientes. Por un lado, son paradas "demasiado" largas, por lo que el

buceador en lugar de descomprimir, satura aún más los tejidos lentos, frente al uso de tablas con las cuales ya habría iniciado el ascenso. Es importante puntualizar que las paradas profundas del Dr. Pyle están pensadas fundamentalmente para buceo con mezclas terciarias.

## ***Los métodos descompresivos RGBM y VPM***

El físico norteamericano Bruce Wienke (perteneciente a la organización de buceo NAUI) es el padre del modelo descompresivo RGBM (Wienke Reduced Gradient Bubble Model o Modelo de burbujas de gradiente reducido de Wienke). El Dr. David Young, profesor de física de la Universidad de Hawaii es a su vez el precursor del VPM (Young Variable Permeability Model o Modelo de permeabilidad variable de Young) métodos ambos de descompresión que tratan de reducir la cantidad de gas disuelta en fase libre y de impedir la formación de microburbujas que permanezcan en nuestro organismo a través del sistema circulatorio al finalizar la inmersión.

## **Consejos para hacer tus descompresiones más seguras**

Procura no bucear al límite de la curva de seguridad. La curva de seguridad no cubre a todos los buceadores de la misma manera. Buceadores con perfiles personales de riesgo pueden quedar fuera de la misma. Si es tu caso, reduce el tiempo de inmersión sin entrada en descompresión

Recuerda que el estado de la mar o la existencia de corriente fuerte puede condicionar la realización de tus paradas deco. Problemas con el lastre, la flotabilidad o la planificación del gas disponible, son las causas más habituales para saltarse las paradas

No hagas más de dos inmersiones diarias con paradas de descompresión obligatorias

Realiza siempre una parada profunda durante el ascenso de entre 1 y 3 minutos a la mitad de la máxima presión alcanzada (presión, no profundidad)

Cuando no hayas entrado en descompresión, realiza siempre una parada de seguridad de entre 3 y 5 minutos a una profundidad de 5-6 metros

Aumenta algún minuto de propina la duración de las paradas de descompresión, siempre que dispongas de gas, cuando hayas buceado bajo factores de riesgo (esfuerzo físico intenso, frío, baja condición física personal, obesidad...)

Aumenta el tiempo de intervalo en superficie entre inmersiones hasta un mínimo de tres horas

Durante los viajes o cruceros de buceo, no realizar inmersiones sucesivas durante un período superior a 5 días. Tomate días de descanso intercalados para desaturarte totalmente de nitrógeno

Bucea con nitrox o realiza tus descompresiones utilizando EAN 40

Desde el año 2003 la organización de enseñanza de buceo norteamericana NAUI ha sido la primera en recomendar a sus asociados la conveniencia de realizar en inmersiones recreativas de perfil cuadrado con ascenso directo a superficie, una parada profunda de descompresión de 1 minuto a la mitad de la máxima profundidad alcanzada y una parada de seguridad de 3 minutos a 6 m.



Botella de O<sub>2</sub> y narguilé para deco conectado a 3 segundas etapas. F.J. López Motilla ©