

Dióxido de carbono: el temido enemigo (3ª parte)

Contramedidas y precauciones para mejorar la seguridad de los buceadores

En la primera parte de esta pequeña serie sobre el dióxido de carbono en el buceo, compartí [una historia personal cercana](#) y di una breve visión general del metabolismo del dióxido de carbono en el cuerpo humano. En la [segunda parte](#), examinamos la mecánica de la generación y eliminación del dióxido de carbono, las complicaciones derivadas por la profundidad y el equipo de buceo, así como los efectos profundamente desagradables y potencialmente devastadores de la hipercapnia.

Espero que las dos primeras partes hayan demostrado por qué los buceadores deben evitar la acumulación de dióxido de carbono en su organismo. En esta tercera y última parte, me gustaría analizar cómo podemos conseguirlo y las precauciones y contramedidas de que disponemos. Estas contramedidas pueden agruparse en cuatro grandes categorías: evitar el esfuerzo, habilidades personales y hábitos de buceo, forma física y gestión del trabajo respiratorio (WOB).

Evitar el esfuerzo

La mejor forma de evitar la acumulación de dióxido de carbono es minimizar la cantidad de dióxido de carbono que generamos. Esto significa reducir el esfuerzo y el gasto energético. Bucear no es hacer ejercicio. Mantén un ritmo lento y constante, y no nadar innecesariamente. En zonas con mucha corriente, elegir los puntos de entrada y salida de modo que puedas ir a la deriva con la corriente, en lugar de luchar contra ella. Un buen guía de buceo sabe leer una tabla de mareas y predecir la fuerza y dirección de la corriente, y organizará sus inmersiones en consecuencia.

En el buceo recreativo, los *scooters* o DPVs son considerados como artilugios de diversión, principalmente. Sin embargo, en el buceo técnico profundo y en cuevas de largo recorrido, son una herramienta esencial para cubrir distancias y desplazarse con varias botellas, sin realizar un esfuerzo excesivo. Los *scooters* son caros y no están disponibles en todo el mundo, pero en manos de un buceador experto, cambian las reglas del juego en lo que respecta a la gestión del esfuerzo.



Habilidades y hábitos de buceo

Además de mejorar el disfrute general de cualquier inmersión, el desarrollo de buenas habilidades personales de buceo es también una gran manera de reducir la cantidad de CO₂ que genera el buceador. En este caso, el control de la flotabilidad, el trimado y la propulsión son las habilidades y hábitos más relevantes.

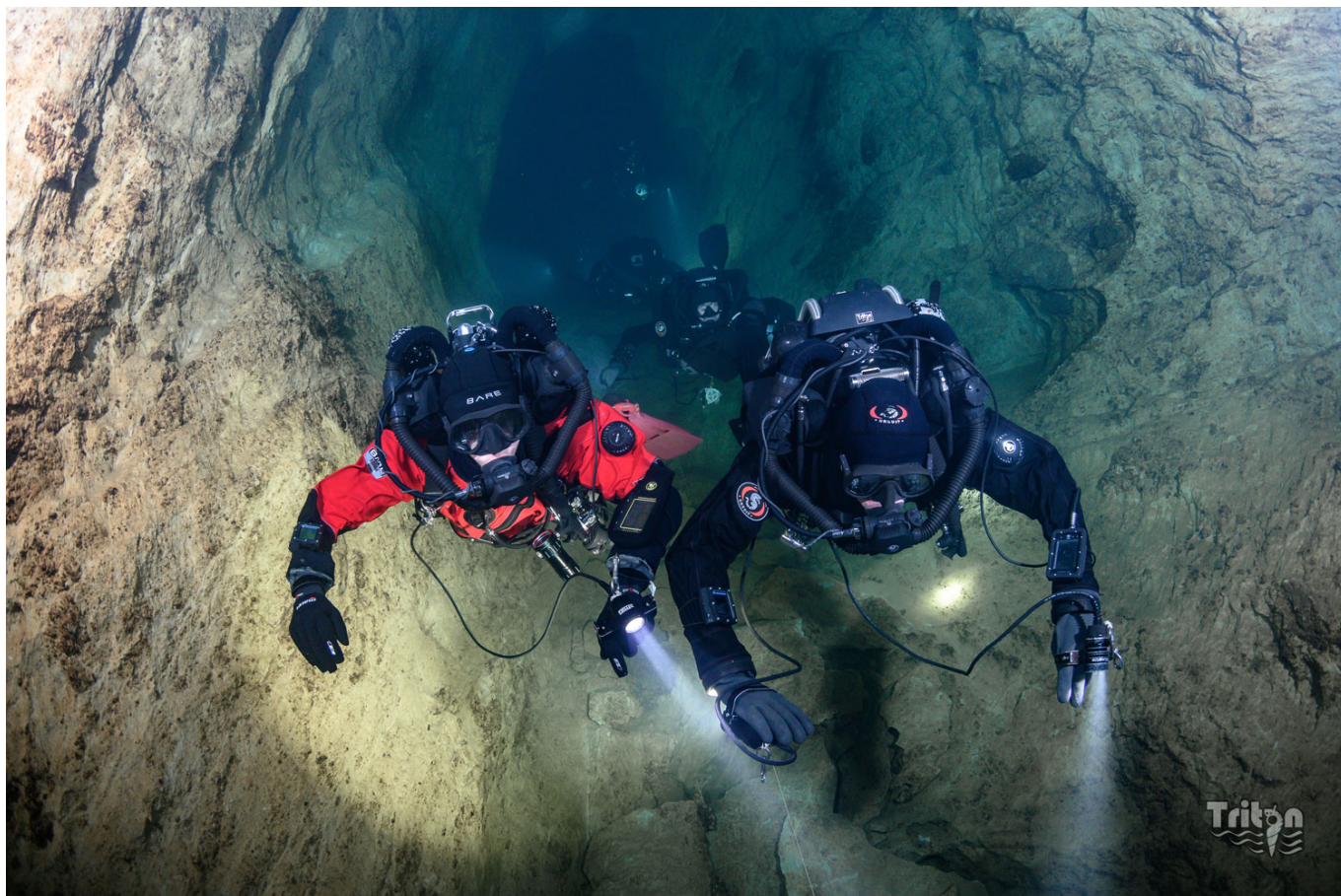
El control de la flotabilidad afecta directamente al esfuerzo. Un buceador con flotabilidad neutra no necesita gastar energía para mantener su profundidad subiendo o bajando con las aletas, y puede parar y descansar sin perder su posición en la columna de agua. Esto, a su vez, le permite bucear en posición plana (neutra) y minimizar la resistencia del agua en su avance.

Sin embargo, no todos los sistemas de control de la flotabilidad son iguales. Un número lamentablemente elevado de buceadores se enorgullece de depender principalmente de sus pulmones y de apenas tocar la válvula de inflado de su chaleco. Si bien es cierto que nuestros pulmones evolucionaron originalmente a partir de las vejigas natatorias de los peces, hay toda una lista de razones por las que devolverles este propósito ancestral [es una mala idea](#).

Para los fines de este artículo, el punto relevante es que utilizar los pulmones para controlar la flotabilidad provoca patrones de respiración subóptimos y retención de CO₂ debido a una exhalación insuficiente. Lo mismo se aplica a la modificación del patrón de respiración en un intento de reducir el consumo de gas, lo que a veces se denomina *respiración saltada*. Relájate y respira con naturalidad, no seas perezoso con el botón del inflador y ajusta tu flotabilidad con frecuencia, corrigiendo incluso los cambios más pequeños.

Cuando se trata de moverse, la patada de rana es el arma principal del arsenal de un submarinista experto. Con su fase de descanso incorporada, una patada de rana bien ejecutada es, con diferencia, la

forma más eficaz de recorrer una distancia bajo el agua. Los buceadores técnicos y de cuevas experimentados la utilizan para nadar durante horas a un ritmo constante. Las habilidades de propulsión secundarias, como las patadas inversas y los giros en helicóptero, pueden mejorar aún más la eficacia al maniobrar en espacios reducidos, pero, en el gran esquema de las cosas relacionadas con el CO₂, son la guinda. El control adecuado de la flotabilidad, un buen trimado y las patadas de rana, son el pastel.



El nivel de forma física y el arma de doble filo de la tolerancia al CO₂

La forma física es un concepto muy amplio que abarca diversos aspectos, como la fuerza, el equilibrio y la coordinación. Sin embargo, cuando se trata de la gestión del CO₂, nos interesa principalmente el *rendimiento cardiovascular*. El rendimiento cardiovascular está estrechamente relacionado con el *umbral anaeróbico*, es decir, el nivel máximo sostenible de esfuerzo en el que las demandas metabólicas de suministro de oxígeno y eliminación de CO₂ permanecen dentro de la capacidad del sistema respiratorio del individuo.

Lo que se considera esfuerzo varía mucho de una persona a otra; el calentamiento de una persona es el entrenamiento de otra. Y aunque la forma física es una gran ventaja en el buceo y en la vida en general, es una triste realidad que la gente no se pone en forma por el buceo en sí, de manera significativa.

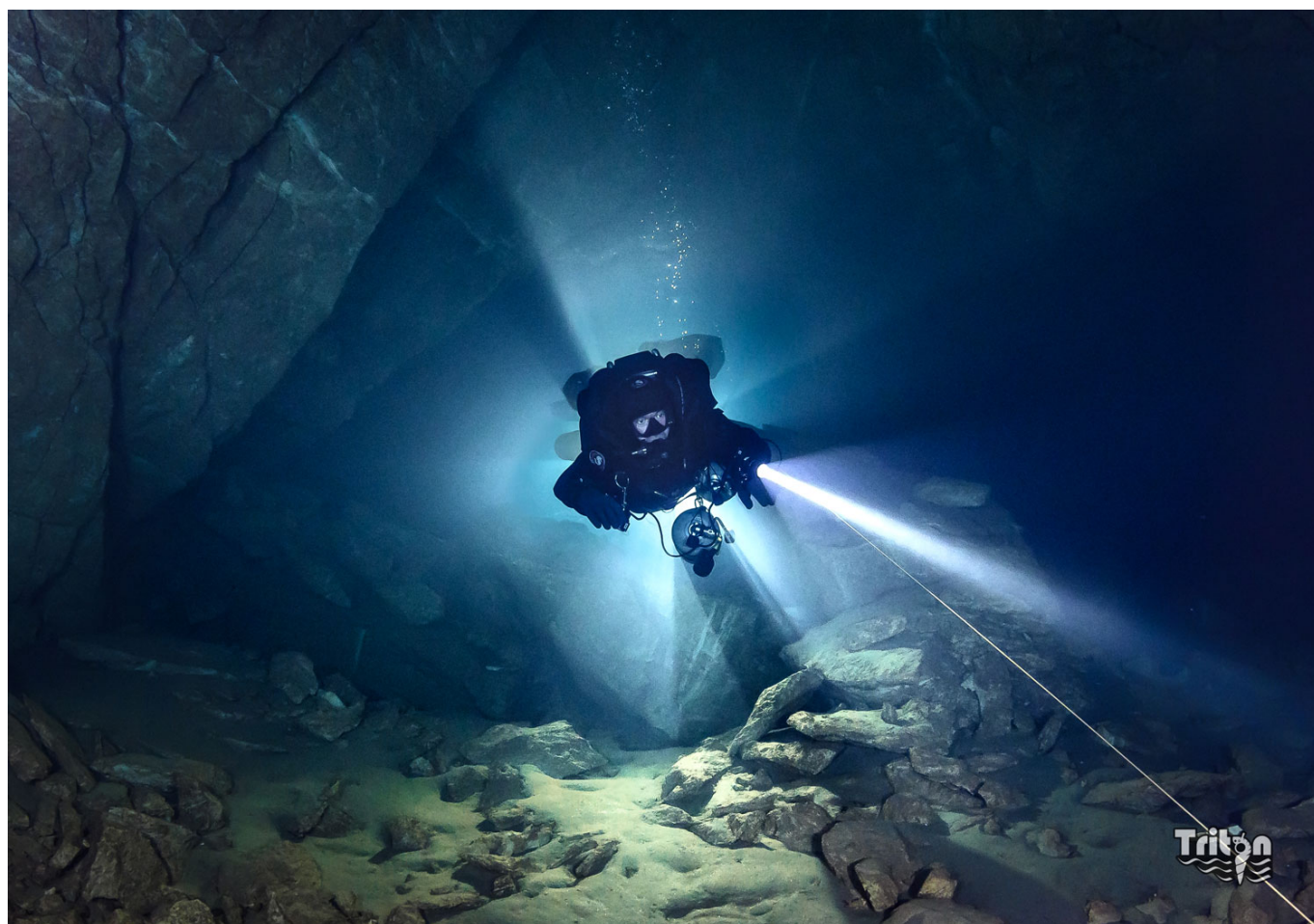
La forma más común de mejorar el umbral anaeróbico es el ejercicio cardiovascular constante, como caminar, hacer senderismo, correr, montar en bicicleta, nadar largas distancias o saltar a la cuerda. El ejercicio de alta intensidad también ayuda, pero tiene truco.

Los deportistas de disciplinas en las que los participantes operan muy por encima de su umbral anaeróbico

durante minutos seguidos -por ejemplo, los nadadores de competición, los corredores de media distancia, los entusiastas del *crossfit* y los practicantes de deportes de combate- no sólo desarrollan un umbral anaeróbico elevado sino que también adquieren una mayor tolerancia al CO₂, lo que les permite seguir rindiendo a niveles de hipercapnia en los que la mayoría de la gente se desplomaría jadeando. Otros grupos de población con cierta tolerancia al CO₂, generalmente elevada, son los apneístas entrenados y, un tanto irónicamente, los fumadores.

En el submarinismo, una alta tolerancia al CO₂ no es necesariamente algo bueno. Como ya se comentó en [la segunda parte](#) de esta serie, el hecho de no sentir falta de aire no te salvará de otros efectos de la hipercapnia, como la narcosis y el deterioro cognitivo. Y cuando finalmente aparece la disnea, puede golpearte mucho más fuerte. Esta circunstancia no debería disuadir a nadie de entrenar en el deporte que elija, pero es algo a tener en cuenta a la hora de evaluar lo duro que quieres trabajar bajo el agua, incluso si estás muy en forma. Para cuando empieces a sentir que te falta el aire, puede que ya tengas problemas.

Para aquellos de nosotros a los que no nos apetece pasar cada minuto libre en el gimnasio, en el sendero o haciendo largos en una piscina, la buena noticia es que los requisitos de forma física para el buceo recreativo no son muy altos. Con una forma física decente basta. Completar un [programa Couch to 5k](#) te hará más seguro bajo el agua. Pasar de 5 km a un maratón es un gran logro en sí mismo, pero produce rendimientos decrecientes cuando se trata de la seguridad en el buceo.



Gestión del trabajo respiratorio (WOB)

Como se ha comentado en la [segunda parte](#), durante la inmersión, el trabajo respiratorio se ve afectado por cargas internas y externas adicionales. La carga externa la genera el equipo de buceo, principalmente

el regulador. Un regulador debe ser lo más fácil de respirar posible. Esto se consigue utilizando un equipo de calidad, manteniéndolo limpio y en buen estado, y ajustando el esfuerzo de apertura de la segunda etapa, a la perfección. Si utilizas un equipo de alquiler y te das cuenta de que te cuesta respirar con el regulador, indica amablemente el problema y pide que te lo cambien.

En más de una ocasión, he conocido buceadores que habitualmente reducen el suministro de aire de sus segundas etapas, alegando que les ayudaba a «ahorrar gas». Ésta es una de las tres nociones erróneas más relevantes que he encontrado en mi carrera como instructor. No sólo aumenta innecesariamente el WOB y, por tanto, la generación de CO₂, sino que la mayor presión pulmonar negativa necesaria para activar esa segunda etapa también aumenta el riesgo de [edema pulmonar por inmersión](#).

La principal fuente de carga interna es la densidad del gas, que desgraciadamente, sólo puede controlarse de dos formas: limitando la profundidad y utilizando helio. El helio es caro, y no todo el mundo tiene tiempo o ganas de formarse como buceador trimix. Limitar la profundidad a -29 ó -37 metros (donde la densidad de las mezclas de O₂/N₂ alcanza los [límites recomendados por Gavin y Mitchell](#)) también parece poco atractivo para bastantes personas. Como mínimo, los buceadores aficionados a bucear profundo con aire deben ser conscientes de los riesgos, tanto para ellos como para sus compañeros, que pueden no recibir la ayuda que necesitan en caso de emergencia motivado porque todos los miembros del equipo están operando en un estado de deterioro físico y cognitivo.



Reflexiones finales

La inmensa mayoría de las inmersiones transcurren sin problemas, y el dióxido de carbono no tendrá mucho que ver. Sin embargo, cuando una inmersión no va bien y las demandas metabólicas de un buceador aumentan debido a una mayor carga de trabajo, la acumulación de CO₂ en el sistema puede

convertir una situación, por lo demás manejable, en una situación difícil, o peor. Espero que esta serie de artículos sirva para reflexionar y arroje un poco de luz sobre cómo nuestro cuerpo genera y responde al dióxido de carbono, cómo afecta esto al buceo en particular y cómo podemos mitigar los riesgos asociados.

¡Mantente siempre seguro y disfruta del buceo!

About the author

[Tim Blömeke](#) imparte formación de buceo recreativo y técnico en Taiwán y Filipinas. Es un ávido buceador de cuevas, pecios y CCR, así como editor y traductor de Alert Diver. Vive en Taipei, Taiwán. Puedes seguirle en [Instagram](#) (@timblmk), o en su [página blog](#).

Traductor: [Ramon Verdaguer](#)