



## ORIGINAL

# Buceo en la edad pediátrica: fisiología, riesgos y recomendaciones



R. Cilveti<sup>a,e,\*</sup>, B. Osona<sup>b</sup>, J.A. Peña<sup>b</sup>, L. Moreno<sup>c</sup> y O. Asensio<sup>d,e</sup>, en representación del Grupo de Técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica

<sup>a</sup> Unitat de Pneumol·lèrgia Pediàtrica, Hospital Universitari Mútua Terrassa, Terrassa, Barcelona, España

<sup>b</sup> Unidad de Neumología Pediátrica, Hospital Son Espases, Palma de Mallorca, España

<sup>c</sup> Unidad de Neumología Pediátrica, Hospital Virgen de las Nieves, Granada, España

<sup>d</sup> Unidad de Neumología Pediátrica, Corporación Sanitaria Parc Taulí, Sabadell, Barcelona, España

<sup>e</sup> Coordinadores del documento de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica (SENP)

Recibido el 9 de marzo de 2015; aceptado el 16 de marzo de 2015

Disponible en Internet el 26 de mayo de 2015

### PALABRAS CLAVE

Buceo recreativo;  
Niños;  
Pediatria;  
Buceo fisiología;  
Buceo lesiones;  
Buceo requisitos;  
Buceo psicología;  
Buceo recomendaciones;  
Submarinismo;  
Revisión

### Resumen

**Introducción:** El gran auge de la práctica recreativa del buceo en los últimos años, incluyendo a los niños, comporta riesgos y la posibilidad de accidentes. Mientras que las normativas, los requisitos y los riesgos del buceo en adultos están bien fundamentados, la evidencia científica en niños y adolescentes es escasa. Asimismo, las guías y recomendaciones existentes dirigidas a los adultos no pueden ser aplicadas directamente a los niños.

**Métodos:** Estas circunstancias han motivado al Grupo de Técnicas de la Sociedad española de Neumología Pediátrica (SENP) a realizar una búsqueda bibliográfica para revisar y actualizar los conocimientos sobre el buceo en la edad pediátrica.

**Resultados:** Se examinan las adaptaciones fisiológicas del organismo durante la inmersión, así como las características anatómicas y fisiológicas propias de los niños que deben considerarse con relación al submarinismo; se exponen las causas y tipos más frecuentes de accidentes, así como los riesgos de su práctica en niños con distintas patologías; y se detallan los requisitos médicos y psicológicos para el buceo que deben respetarse en la evaluación de niño y adolescentes.

**Conclusiones:** Finalmente, se formulan unas recomendaciones de expertos para la práctica del buceo con aire comprimido en la edad pediátrica.

© 2015 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: [rcilveti@mutuaterrassa.es](mailto:rcilveti@mutuaterrassa.es), [robert.cilveti@gmail.com](mailto:robert.cilveti@gmail.com) (R. Cilveti).

**KEYWORDS**

Recreational diving;  
Children;  
Pediatrics;  
Diving physiology;  
Diving injuries;  
Diving requirements;  
Diving psychology;  
Diving  
recommendations;  
Scuba diving;  
Review

**Scuba diving in children: Physiology, risks and recommendations****Abstract**

**Introduction:** The increase in recreational scuba diving in recent years, including children, involves risks and the possibility of accidents. While legislation, conditions and risks of scuba diving are well documented in adults, scientific evidence in scuba diving by children and adolescents is sparse and isolated. Furthermore, existing guidelines and recommendations for adults cannot be transferred directly to children.

**Methods:** These circumstances have led to the Group on Techniques of the Spanish Society of Pediatric Pulmonology (SENP) to perform a literature search to review and update the knowledge about scuba diving in children.

**Results:** Physiological adaptations of the body are examined during the dive, as well as the anatomical and physiological characteristics of children that should be taken into account in scuba diving. The most common types of accidents and its causes, as well as the risks of scuba diving practice in children with previous diseases are discussed, along with details of the medical and psychological requirements for scuba diving to be considered in the assessment of child and adolescent.

**Conclusions:** A list of recommendations for scuba diving with compressed air in children is presented by a group of experts.

© 2015 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

El número de niños que bucean ha ido aumentando de forma persistente en estos últimos años, constituyendo el 5-10%<sup>1,2</sup> de los buceadores recreativos. La mayoría están entre 12-17 años, pero el 1,5% de los buceadores activos son menores de 12 años<sup>3,4</sup>. A pesar de ello, la normativa española que regula la práctica del buceo en la edad pediátrica es de difícil interpretación y varía sustancialmente según las comunidades autónomas<sup>5</sup>. Asimismo, aunque los riesgos médicos del buceo en adultos estén bien fundamentados, la evidencia científica disponible en niños es escasa<sup>6,7</sup> y las recomendaciones sobre la práctica del buceo existentes están dirigidas a los adultos y ninguna a la población pediátrica<sup>8,9</sup>.

Ante estas circunstancias, el Grupo de Técnicas de la Sociedad española de Neumología Pediátrica se propuso realizar una revisión de la literatura con el fin de elaborar unas recomendaciones para la práctica del buceo en la edad pediátrica. En este artículo se abordan los problemas inherentes a la práctica de actividades subacuáticas de los niños, con especial atención al buceo con botellas de aire comprimido. Considerando aspectos anatomofisiológicos, psicológicos y ergonómicos, se revisan y actualizan los conocimientos sobre el buceo en niños, se exponen los tipos de accidentes de buceo más frecuentes y se discuten los aspectos médicos y psicológicos a considerar en la evaluación de un niño/adolescente que desea bucear. Finalmente, se formulan unas recomendaciones de expertos para la práctica del buceo en la edad pediátrica, en ausencia de mejores evidencias sobre el tema.

**Cambios fisiológicos asociados al buceo**

Durante el buceo, el organismo deberá adaptarse a un entorno de mayor presión durante la inmersión

**Tabla 1** Características fisiológicas y anatómicas propias del niño en relación con la práctica del buceo

- Crecimiento pulmonar hasta los 8 años
- Mayor volumen pulmonar de cierre
- *Compliance* pulmonar reducida (mayor riesgo de barotrauma)
- Mayor número de infecciones respiratorias y ORL
- Inmadurez funcional del mecanismo de apertura de la trompa de Eustaquio
- Relación desfavorable superficie corporal/peso (riesgo de hipotermia)
- Crecimiento óseo incompleto
- Capacidad limitada para comprensión de leyes matemáticas y físicas
- Labilidad emocional
- Capacidad limitada para el autocuidado y cuidado de otros

(compresión), para después reequilibrarse durante el ascenso (descompresión) hasta las condiciones de presión de la superficie<sup>10</sup>. Un adecuado conocimiento de estas adaptaciones y de las particularidades anatomofisiológicas de los niños (tabla 1) minimizará los riesgos asociados a la práctica del buceo.

**Aparato respiratorio**

Durante el buceo, la presión aumenta en una atmósfera por cada 10m de descenso<sup>11</sup>. Las presiones altas son relativamente inocuas y bien toleradas por nuestro organismo siempre que estas puedan equilibrarse o compensarse. El aumento de la presión durante el descenso comprimirá el gas de las cavidades aéreas del cuerpo (pulmones, oído medio, senos paranasales) y este gas se reexpandirá durante el ascenso. En el buceo con aire comprimido, el

principio fundamental para evitar accidentes es mantener la exhalación durante todo el ascenso, evitando la hiperinsuflación pulmonar y el riesgo de neumotórax<sup>11</sup>.

Durante el buceo con aire comprimido, el trabajo respiratorio aumenta a expensas de la necesidad de mover una mayor cantidad de aire y del aumento de la densidad de los gases con la profundidad. Además, tanto la inspiración y como la espiración se vuelven activas<sup>10</sup>. Cuando el buceo se acompaña de esfuerzos intensos puede aparecer fatiga y riesgo de hipercapnia<sup>11</sup>.

Respecto a los gases respiratorios, el aumento de la presión por la profundidad afecta desigualmente a sus velocidades de difusión en los tejidos, siendo mayores para el O<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub>, y menores para el N<sub>2</sub><sup>10</sup>. Durante la inmersión, el N<sub>2</sub> disuelto en los tejidos tardará en reequilibrarse con el del ambiente. Mientras se asciende, el N<sub>2</sub> irá saliendo lentamente de los tejidos<sup>11</sup>. Si se asciende demasiado rápido, la caída acelerada de la presión (descompresión) liberará el N<sub>2</sub> en forma de burbujas. Aunque la mayoría de las burbujas de N<sub>2</sub> son pequeñas e inocuas, algunas pueden producir dolores articulares o, más gravemente, sordera, alteraciones visuales o parestias/parálisis por embolismo gaseoso<sup>11</sup>. Por otra parte, tanto el N<sub>2</sub> como el O<sub>2</sub> pueden tener efectos tóxicos sobre el sistema nervioso central con la profundidad. A partir de grandes presiones (5 atm-50 m), el N<sub>2</sub> puede ocasionar euforia, descoordinación o incluso el coma, efectos relacionados con su gran solubilidad en las grasas. El O<sub>2</sub> puede afectar al sistema nervioso central con náuseas, acúfenos, fasciculaciones o convulsiones, efectos relacionados con la liberación de mediadores inflamatorios<sup>11</sup>. En el buceo recreativo, las botellas empleadas para respirar contienen solo aire ambiente comprimido.

En los niños, el trabajo respiratorio durante el buceo está aún más aumentado debido a su menor diámetro relativo de la vía aérea y a su mayor *compliance*, predisponiéndoles al colapso de la pequeña vía aérea y al empeoramiento del intercambio gaseoso. Además, las infecciones respiratorias en los niños son frecuentes, favoreciendo el riesgo de obstrucción bronquial. Estos factores, unidos al mayor volumen pulmonar de cierre a estas edades, pueden contribuir a una alteración en la ventilación/perfusión y, durante el ascenso, a un aumento del atrapamiento aéreo y del riesgo de barotrauma pulmonar por hiperpresión intratorácica<sup>12</sup>. También la hiperreactividad bronquial puede verse favorecida por factores habitualmente presentes durante las inmersiones: ejercicio, respiración de aire seco y frío, hiperventilación, cierta ansiedad, aspiración de pequeñas cantidades de agua salada. Después de una inmersión, incluso a la profundidad de una piscina, disminuyen el FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC, MEF<sub>25</sub> y MEF<sub>50</sub>, aunque solo son relevantes (disminución del FEV<sub>1</sub> > 10%) en el 12-18% de los niños<sup>13,14</sup>.

### Aparato cardiovascular

Durante el buceo aumenta el retorno venoso a expensas de la presión que comprime el cuerpo y del efecto vasoconstrictor asociado al frío, aumentando el gasto cardiaco, el volumen sistólico y consecuentemente la presión arterial<sup>10</sup>. Los incrementos de la presión arterial, el aumento de las actividades

cardiaca y muscular, y la disminución de la secreción de ADH hacen triplicar la producción de orina durante el buceo<sup>10</sup>.

La persistencia del foramen oval permeable (FOP) es más frecuente en la infancia, pudiéndose encontrar hasta en un 40% de los individuos. Sin un cierre completo del FOP puede producirse un *shunt* derecha-izquierda con paso de burbujas de nitrógeno a la circulación arterial. Aunque los accidentes por descompresión son infrecuentes, su incidencia y la de los trastornos isquémicos cerebrales es mayor (1/2.000) en buceadores adultos con FOP<sup>15</sup>. En niños, al no disponerse de estudios y ser el FOP más prevalente, se ha optado por recomendar la limitación de la profundidad máxima del buceo a aquella en la que no suelen producirse microburbujas (< 10 m)<sup>16</sup>.

### Otorrinolaringología

Durante el descenso, el buceador sentirá dolor en sus oídos cuando reciba sobre su membrana timpánica el cambio de presión. Para equilibrar esta diferencia de presión, debe ser capaz de «compensarla» haciendo llegar a sus oídos aire desde los pulmones a través de la nasofaringe. La técnica más común para equilibrar la presión en los oídos es la maniobra de Valsalva<sup>10</sup>, que consiste en exhalar aire con la boca y la nariz cerradas aumentando e igualando las presiones de las vías respiratorias superiores, de las trompas de Eustaquio y del oído medio.

En la edad pediátrica, los accidentes de buceo más frecuentes se producen a nivel ORL<sup>17</sup>. El riesgo de sufrir otobarotrauma es mayor en los niños<sup>18</sup> porque existen factores que les dificultan la aireación del oído medio y el equilibrio de presiones: el aumento de infecciones ORL, la hipertrofia adenoidea y una trompa de Eustaquio más estrecha, corta y horizontal.

### Sistema locomotor

El cartílago de conjunción de las articulaciones de niños y adolescentes se ha postulado como un punto vulnerable para el microembolismo gaseoso por su rica vascularización y su elevado metabolismo<sup>19</sup>. Aunque no exista evidencia, se recomienda limitar la profundidad de las inmersiones de los niños<sup>18</sup>.

### Metabolismo-termorregulación

Mientras se bucea, el consumo de energía del organismo se triplica o cuadruplica para compensar el frío exterior, el trabajo físico, los incrementos en las tasas metabólicas pulmonar y cardiaca, y el estrés asociado al propio medio acuático.

Los niños son mucho más susceptibles a la pérdida de calor que los adultos debido a que su cociente de superficie corporal respecto al peso es mayor y a que, en general, el espesor de su grasa subcutánea es menor. Teniendo en cuenta que la hipotermia puede alterar las funciones cognitivas, en niños es recomendable utilizar trajes de neopreno adecuados, evitar el buceo en aguas muy frías, y limitar el tiempo de inmersión<sup>18</sup>.

**Tabla 2** Causas de accidentes de buceo con aire comprimido**1. No disbáricas***Traumáticas*

Accidentes físicos: en superficie, o sumergidos

Accidentes biológicos: producidos por animales, coral, etc.

*Adaptativas: hipotermia**Asociadas a comorbilidades: asma, diabetes, epilepsia***2. Disbáricas***No embolizantes-*

Síncope anóxico

Toxicidad por gases O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, narcosis por nitrógeno

Barotrauma dental/ORL

Síndrome de hiperpresión intratorácica

Enfermedad descompresiva no embolizante

*Embolizantes*

Embolia gaseosa

**Sistema nervioso central**

El buceo exige que nuestro sistema nervioso central se adapte constantemente, combinando una regulación neuroendocrina adecuada al aumento de las necesidades energéticas y del estrés; con una respuesta emocional prudente y proporcional ante un medio subacuático potencialmente hostil donde la capacidad de respuesta está restringida.

**Accidentes de buceo**

La práctica del buceo recreativo incluyendo a los niños comporta un mayor riesgo de accidentes, incluso en aguas poco profundas y piscinas<sup>20</sup>. Las principales causas de accidentes de buceo se reseñan en la [tabla 2](#).

La incidencia de accidentes de buceo es difícil de determinar por la escasez de trabajos prospectivos. La mayor parte de los datos provienen de las notificaciones internacionales dirigidas a la *Divers Alert Network*. Se estima que la tasa de accidentes mortales oscila entre 16-71/100.000 buceadores no profesionales por año<sup>21</sup>, siendo menor del 3% los que ocurren en la edad pediátrica<sup>22</sup>. La mayoría de las defunciones en edad pediátrica se produjeron por ahogamiento o embolia gaseosa. Algunos de los niños/adolescentes que murieron ni siquiera habían recibido un curso de formación y muchos se encontraban realizando inmersiones de alto riesgo como grandes profundidades, cuevas o buceo en barcos hundidos<sup>23</sup>. Asimismo, el 50% de los accidentes de buceo se produjeron en niños con asma, antecedentes de ansiedad o trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH), o en niños que ascendieron demasiado rápido a causa del pánico o de la finalización del O<sub>2</sub><sup>24</sup>.

El único estudio prospectivo pediátrico encontrado se realizó sobre una muestra de 205 niños de 8 a 13 años, con inmersiones a una profundidad máxima de 5-10 m y seguimientos a 5 años<sup>25</sup>. Se observaron 4 accidentes a nivel ORL y un síncope hipóxico producido por hiperventilación. No se observaron alteraciones en el crecimiento ni la audición. Sin

embargo, estos resultados deben interpretarse con precaución por la alta tasa de abandonos (25%/año) y el sesgo de no incluir niños con asma, problemas cardíacos o neurológicos.

Los accidentes de buceo se clasifican según estén producidos por la presión, en disbáricos o no disbáricos. Entre los accidentes no disbáricos, destacan los traumatismos, la hipotermia y los asociados a comorbilidades. En el buceo con aire comprimido, los accidentes disbáricos incluyen el síncope anóxico/hipóxico, los asociados a la toxicidad por gases, los barotraumas ORL/dentales, el síndrome de hiperpresión intratorácica y la enfermedad descompresiva.

El *síncope anóxico* consiste en una pérdida de conciencia durante el ascenso en el transcurso de inmersiones prolongadas en apnea. Suele estar desencadenado por la hipoxia y favorecido por las maniobras de hiperventilación.

La *toxicidad por gases*. La toxicidad aguda por oxígeno es poco frecuente con las mezclas habitualmente empleadas en el buceo recreativo. Sin embargo, la retención de CO<sub>2</sub> por mala técnica ventilatoria puede potenciar el riesgo de enfermedad descompresiva. El riesgo de narcosis por nitrógeno aumenta con la profundidad, siendo muy pequeño a menos de 30 m.

Los *barotraumas ORL* se desencadenan durante el descenso o el ascenso por una inadecuada realización de las maniobras de compensación del oído medio. Los *barotraumas odontológicos* se producen durante el ascenso por la distensión del aire retenido en caries o en obturaciones defectuosas.

El *síndrome de hiperpresión intratorácica* se produce durante el ascenso, cuando se deja de espirar o la espiración es inadecuada. Al disminuir la presión durante la ascensión, el volumen del aire contenido en el pulmón aumenta, pudiendo producirse neumomediastino o neumotórax. Se previene manteniendo la exhalación durante toda la ascensión y evitando ascensos rápidos o incontrolados.

La *enfermedad descompresiva* se define como el conjunto de síntomas y signos secundarios a la formación de burbujas de gas inerte en los tejidos debido a la descompresión inadecuada de los gases respirados (principalmente nitrógeno) en un entorno de hiperpresión. Las burbujas pueden ocasionar prurito, eritema o dolor por laceración tisular a nivel del tejido celular subcutáneo u óseo; o síntomas neurológicos no embolizantes por irritación o compresión. También pueden embolizar al pasar a la circulación venosa, produciendo disnea y dolor retroesternal y, si llegan a cavidades cardíacas izquierdas, embolia arterial con clínica neurológica. Los síntomas pueden presentarse a los pocos minutos de salir a la superficie o hasta 12-24 h después. Son posibles incluso a pequeñas profundidades, tras inmersiones en piscinas o después de una primera inmersión<sup>20,26</sup>. Si se sospecha una enfermedad descompresiva, el tratamiento inicial es siempre proporcionar oxígeno al 100% con mascarilla reservorio, y administrar fluidos intravenosos para mantener la perfusión e hidratación. Es fundamental organizar un plan de evacuación con el traslado inmediato a un centro con cámara hiperbárica, evitando derivaciones a hospitales intermedios. Tratamientos como corticoides o anticoagulantes no han demostrado beneficio y no se recomiendan<sup>27,28</sup>. Si se precisara transporte aéreo, la altura máxima aconsejable es de 300 m. En caso de transporte terrestre, deben evitarse las carreteras con cotas mayores de dicha altura.

**Tabla 3** Contraindicaciones médicas para el buceo sugeridas en niños y adolescentes

Contraindicaciones absolutas	Contraindicaciones relativas
<p><i>Aparato respiratorio</i></p> <p>Asma bronquial o sibilantes de repetición en &lt; 12 a</p> <p>Fibrosis quística con afectación pulmonar</p> <p>Infección aguda de vías respiratorias</p> <p>Neumonitis intersticial</p> <p>Quistes pulmonares o lesiones enfisematosas</p> <p>Neumotórax primario</p> <p>Neumopatía intersticial incluida la sarcoidosis</p> <p>Tuberculosis pulmonar</p> <p>Bronquiolitis obliterante</p> <p><i>Aparato cardiovascular</i></p> <p>Hipertensión pulmonar arterial</p> <p>Síndrome de Marfan</p> <p>Miocardiopatía hipertrófica</p> <p>Displasia ventrículo derecho</p> <p>Defectos septales con repercusión hemodinámica</p> <p>Arritmias: WPW, síndrome del QT largo, síndrome de Brugada, Bloqueos AV de I y III grado</p> <p>Marcapasos</p> <p>Insuficiencia cardíaca derecha</p> <p>Síncope de causa desconocida (durante 6 meses)</p> <p><i>ORL</i></p> <p>Otitis media aguda y crónica</p> <p>Disfunción de la trompa de Eustaquio aguda o crónica</p> <p>Limitación crónica de la ventilación del seno nasal</p> <p>Sinusitis crónica</p> <p>Papilomatosis laríngea</p> <p><i>Endocrinología</i></p> <p>Diabetes mellitus con mal control glucémico</p> <p><i>Psiquiatría</i></p> <p>TDAH y trastornos de pánico</p>	<p><i>Aparato respiratorio</i></p> <p>Asma controlada en &gt; 12 años, con espirometría basal normal y test de esfuerzo negativo</p> <p>Toracotomía previa</p> <p>Neumotórax traumático</p> <p><i>Aparato cardiovascular</i></p> <p>Persistencia de ductus arterial de Botalli</p> <p>Estenosis de la válvula aórtica si gradiente &lt; 25 mmHg</p> <p>Insuficiencia aórtica grado I y II</p> <p>Estenosis válvula pulmonar con gradiente &lt; 40 mmHg</p> <p>Insuficiencia válvula mitral</p> <p>Síndrome WPW tras tratamiento con ablación (tras 12 meses)</p>

## Recomendaciones para la práctica del buceo en niños

### Aptitudes

La escasez de estudios pediátricos hace que la mayoría de las recomendaciones se basen en opiniones de expertos. En general, debe evaluarse cualquier patología que predisponga al barotrauma, la desorientación, el agravamiento de comorbilidades o la ansiedad.

### Aptitudes médicas

Las dolencias que limitan la práctica del buceo en niños se recogen en la [tabla 3](#).

**Área ORL.** Debe valorarse la respiración nasal, la ocupación del oído medio y la hipertrofia adenoidea para asegurar la adecuada ventilación<sup>25</sup>. Son contraindicaciones absolutas para el buceo las sinusitis, las otitis media agudas y crónicas, y los trastornos agudos de la ventilación tubárica<sup>29</sup>.

**Aparato respiratorio.** Las malformaciones adenomatoideas quísticas y las bullas pulmonares contraindican el buceo por el alto riesgo de neumotórax. Asimismo, debe evaluarse

la enfermedad pleural reciente: el neumotórax espontáneo es una contraindicación absoluta. Si existe antecedente de drenaje pleural, se recomienda esperar un mínimo de 6 semanas<sup>30</sup>.

**Asma:** Además del descenso en la función pulmonar postinmersión ya referida<sup>13,14</sup>, algunas series publicadas muestran que la incidencia de asma está aumentada en los casos de accidentes fatales<sup>24</sup>. Hasta el 50% de los niños que precisaron tratamiento con cámara hiperbárica después de una inmersión tenían historia de asma. Ambos resultados contraindican de forma absoluta la práctica del buceo en niños menores de 12 años afectados de asma y en general a todos aquellos pacientes con enfermedad que suponga un estrechamiento de la vía aérea (fibrosis quística, bronquiolitis obliterante y malacias, entre otras). De acuerdo con la *British Thoracic Society*<sup>30</sup> se permitiría el buceo en adultos y niños mayores de 12 años con asma siempre que estuvieran libres de síntomas, tuvieran una espirometría basal normal (FEV1 > 80% y FEV1/FVC ratio > 70%) y un test de provocación con ejercicio negativo.

**Diabetes mellitus.** Los pocos estudios existentes no describen un riesgo aumentado en este grupo de pacientes<sup>31</sup>. Sin embargo, ante el riesgo de hipoglucemias durante la

inmersión deben asegurarse un buen control glucémico y bucear con un monitor que conozca la enfermedad.

*Foramen oval permeable.* En la actualidad no se exige descartar por rutina la existencia de un FOP antes del buceo en ninguna edad. De ser conocido, solo representa una contraindicación absoluta cuando existe un *shunt* significativo durante la respiración espontánea<sup>32</sup>, pero debe informarse del mayor riesgo de lesiones en caso de accidente disbárico<sup>33</sup>.

*Epilepsia.* Algunos autores defienden que se podría bucear solo si se ha estado más de 4 años sin convulsiones con medicación estable, si no se utilizan fármacos sedantes y si se comprenden adecuadamente los riesgos<sup>34</sup>.

### Aptitudes psicológicas

La valoración psicológica es fundamental. La edad de 8 años se ha aceptado como límite inferior ya que la mayoría de los niños de esa edad ya han adquirido las capacidades básicas de cooperación, concentración, autocontrol, pensamiento lógico, responsabilidad y conciencia del riesgo. Sin embargo, la valoración psicológica siempre debe ser minuciosa e individualizada, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los niños se distraen con más facilidad que los adultos. Así es más fácil que cambien la profundidad si algo atractivo les llama la atención.
- Tienen un gran sentido de la aventura, pero una pobre conciencia de la morbilidad y del riesgo. Su conducta es más difícil de predecir.
- Los niños pequeños utilizan el pensamiento concreto, siendo menos capaces de reaccionar adecuadamente en situaciones diferentes a las descritas por sus instructores.
- En la actualidad, no existe ningún test psicotécnico específico para evaluar la aptitud de los niños para el buceo. Por lo tanto, la valoración psicológica deberá estar presente durante todas las fases del adiestramiento<sup>18</sup>.
- Debe aclararse que sea el niño quien quiera bucear y que no lo haga por la presión de sus padres o de su entorno<sup>3</sup>.

*TDAH.* La disminución de la capacidad de atención, la hiperactividad y la impulsividad característicos lo hacen incompatible con la práctica de buceo. En los pacientes con TDAH existe un aumento de la enfermedad descompresiva y de la morbilidad ORL<sup>17</sup>.

### Aspectos ergonómicos

El equipo para el buceo debe estar adaptado a la edad y al tamaño actual del niño y deberá revisarse periódicamente, adaptándolo a su crecimiento y desarrollo<sup>18</sup>: las máscaras, aletas, traje y tubo respiratorio («*snorkel*») deberán ser adecuados a cada edad y talla; el regulador será flexible, ligero y las botellas de poco peso y reducido volumen.

### Requisitos

La Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS) regula esta actividad a nivel nacional, siguiendo en general los estándares de la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS)<sup>35</sup>.

**Tabla 4** Recomendaciones para buceo en la edad pediátrica

#### Según edad

- Menos de 8 a: Desaconsejado de forma absoluta
- 8-12 a: Prudencia extrema
- 12-16 a: Según las aptitudes del niño

#### Recomendaciones generales

- Decisión del niño (no forzada por los padres o por el entorno)
- Inmersiones de bajo riesgo (evitar nocturnas, cuevas y barcos hundidos)
- Inmersiones de corta duración (prevenir la hipotermia)
- Máxima profundidad < 10 metros
- Siempre acompañados de uno o 2 adultos buceadores experimentados

#### Puntos guía para la autorización de la práctica de buceo en la infancia

1. Quiere él bucear (o lo quieren sus padres o su entorno)
2. Cumple los requerimientos médicos
3. Sabe nadar bien (al menos 25 metros sin equipo)
4. Es capaz de escuchar y aprender
5. Es capaz de seguir reglas
6. Es capaz de identificar e interpretar el peligro
7. Es capaz de interpretar situaciones hipotéticas
8. Es capaz de reaccionar adecuadamente ante el estrés, el peligro y a la frustración
9. Es capaz de comunicar problemas, de solicitar ayuda y de ayudar
10. Es responsable

#### Valorar individualmente la relación riesgo/beneficio

La formación de los niños buceadores sigue un programa específico. La edad límite mínima para bucear se ha establecido en los 8 años. Entre los 8 y los 14 años existen variaciones según las reglas de cada federación regional y, a partir de los 14 años, se adopta el programa del adulto. Es obligatorio un certificado médico de aptitud emitido por un médico con formación en medicina subacuática pediátrica<sup>9</sup>.

Los programas pediátricos más característicos en los cursos de buceo son<sup>35</sup>:

- *Actividad de descubrimiento (bautismo del buceo):* Edad mínima de 8 años. No son obligatorios el certificado médico ni una licencia federativa. La profundidad máxima son 3 m y no genera ningún documento acreditativo.
- *Buceador iniciado:* La edad mínima es también de 8 años. No precisa tampoco certificado médico ni licencia federativa. Solo acredita el haber realizado unas prácticas de buceo con aire comprimido.
- *Buceador junior:* A nivel nacional exige una edad mínima de 12 años, aunque se mantienen algunas variaciones regionales. Requiere certificado médico y licencia federativa. Permite inmersiones de hasta 20 m de profundidad sin descompresión. Siempre deberá estar acompañado por un buceador tutor.

La normativa española completa y los enlaces para los estándares internacionales pueden encontrarse en la página

web de la Federación Española de Actividades Subacuáticas: [www.fedas.es](http://www.fedas.es).

Las recomendaciones para la práctica del buceo con aire comprimido en la edad pediátrica descritas en esta revisión se recogen compiladas en la [tabla 4](#) y han sido avaladas por la Sociedad española de Neumología Pediátrica. Cabe destacar que, una vez superadas las contraindicaciones y efectuadas las evaluaciones pertinentes, las aptitudes psicológicas deben ser siempre consideradas prioritarias en la capacitación para la práctica del buceo en los niños.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Association NSG. Sports participation in 1999. Mt Prospect, IL: scuba and snorkeling NSGA, 2000.
- Dembert ML, Keith JF 3rd. Evaluating the potential pediatric scuba diver. *Am J Dis Child*. 1986;140:1135-41.
- Winkler BE, Muth C-M, Tetzlaff K. Should children dive with self-contained underwater breathing apparatus (SCUBA). *Acta Paediatr*. 2012;101:472-8.
- Ducassé J, Izard P. Medical specificities of diving for children and women. En: Oriani G, Marroni A, Wattel F, editores. *Handbook on hyperbaric medicine*. Berlín: Springer; 1996. p. 207-15.
- Federación Española de Actividades Subacuáticas (FEDAS). Legislación nacional y legislación autonómica [Internet]. 2014 [citado 4 Ene 2015]. Recuperado de: <http://fedas.es/portada/dto-juridico/>
- Edmonds C. Children and diving: A review of SPUMS articles. *SPUMS J*. 2003;206-11.
- Kinsella J. Children, scuba diving and DAN. *Undersea J*. 2001;38-40.
- Richardson D. Children and diving: The recreational diving training perspective. *SPUMS J*. 2003;33:83-9.
- Desola J. Buceo con escafandra autónoma en la infancia. Consideraciones fisiológicas y criterios de aptitud. *Apunts Med Esport*. 2006;34-8.
- Verjano-Díaz FV. El hombre subacuático: manual de fisiología y riesgos del buceo. Madrid: Ediciones Díaz de Santos; 2000.
- West JB. Fisiología respiratoria en condiciones de estrés. Barcelona: Lippincott Williams & Wilkins. Wolters Kluwer Health; 2009. p. 121-3.
- Esrich E, Solas M, Desola-Alà J. Fisiología de la respiración en ambientes especiales. En: Tresguerres J, editor. *Fisiología humana*. Madrid: McGraw Hill; 2005. p. 663-81.
- Winkler BE, Tetzlaff K, Muth C-M, Hebestreit H. Pulmonary function in children after open water SCUBA dives. *Int J Sports Med*. 2010;31:724-30.
- Wollin P, Christmann M, Kroker A, Zielen S. Lung function testing in children before and after an age-adapted SCUBA dive in a swimming pool. *Pneumol Stuttg Ger*. 2011; 65:308-13.
- Lier H, Hering R, Schroeder S. Diving and patent foramen ovale: Time for a change in fitness to dive certifications. *Clin J Sport Med*. 2005;15:205-7.
- Lemaître F, Carturan D, Tournay-Chollet C, Gardette B. Circulating venous bubbles in children after diving. *Pediatr Exerc Sci*. 2009;21:77-85.
- Winkler B, Tetzlaff K, Muth C. Accidents and incidents during SCUBA-diving events in children. *Dtsch Z Sportmed*. 2011;62:42-6.
- Klingmann C, Praetorius M, Baumann I, Plinkert PK. Otorhinolaryngologic disorders and diving accidents: an analysis of 306 divers. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2007;264:1243-51.
- Laden GDM, Grout P. Aseptic bone necrosis in an amateur scuba diver. *Br J Sports Med*. 2004;38:E19.
- Johnson V, Adkinson C, Bowen M, Ortega H. Should children be SCUBA diving: Cerebral arterial gas embolism in a swimming pool. *Pediatr Emerg Care*. 2012;28:361-2.
- Vann R, Lang M. Recreational diving fatalities. *Undersea Hyperb Med*. 2011;38:257-60.
- Vann R, Freiburger J, Caruso J, Denoble P, Pollock N, Uguccioni D. Report on decompression illness, diving fatalities and Project Dive Exploration. En: *Divers Alert Network*. Durham, NC: Divers Alert Network; 2005.
- Caruso J, Uguccioni D, Ellis J, Dovenbarger J, Bennet P. Diving fatalities involving children and adolescents: 1989-2002. *Undersea Hyperb Med*. 2004;681-6.
- Smerz R. Epidemiology and treatment of decompression illness in children and adolescents in Hawaii, 1983-2003. *SPUMS J*. 2005;5-10.
- Vandenhoven G, Collard F, Schamp E. Children and diving: Medical aspects. Eight years' sports medical follow-up of the first scuba diving club for children in Belgium. *SPUMS J*. 2003;70-3.
- Le Guen H, Halbert C, Gras le Guen C, Coulange M. Serious pulmonary barotrauma in a child after first-time scuba dive. *Arch Pediatr*. 2012;19:733-5.
- Muth CM, Shank ES. Gas embolism. *N Engl J Med*. 2000;342:476-82.
- Schröder S, Lier H, Wiese S. Diving accidents. Emergency treatment of serious diving accidents. *Anaesthesist*. 2004;53:1093-102.
- Tetzlaff K, Muth C, Klingmaann C. Diving fitness of children and adolescents. Importance for ENT doctors. *HNO*. 2008;493-8.
- Godden D, Currie G, Denison D, Farrell P, Ros J, Stephenson R, et al. British Thoracic Society guidelines on respiratory aspects of fitness for diving. *Thorax*. 2003;58:3-13.
- Pollock N, Uguccioni D, Dear G, Bates S, Albushies T, Prosterman S. Plasma glucose response to recreational diving in novice teenage divers with insulin-requiring diabetes mellitus. *Undersea Hyperb Med*. 2006;2:125-33.
- Muth C-M, Tetzlaff K. Scuba diving and the heart. *Cardiac aspects of sport scuba diving*. *Herz*. 2004;29:406-13.
- Torti S. The role of patent foramen ovale in diving. *Schweiz Med Forum*. 2007;975-7.
- Almeida M do R, Bell GS, Sander JW. Epilepsy and recreational scuba diving: an absolute contraindication or can there be exceptions? A call for discussion. *Epilepsia*. 2007;48:851-8.
- CMAS. Children's Diving Standards 2003 [Internet]. 2008 [citado 5 Nov 2014]. Disponible en: <http://www.cmas.org/document?fileId=2138>