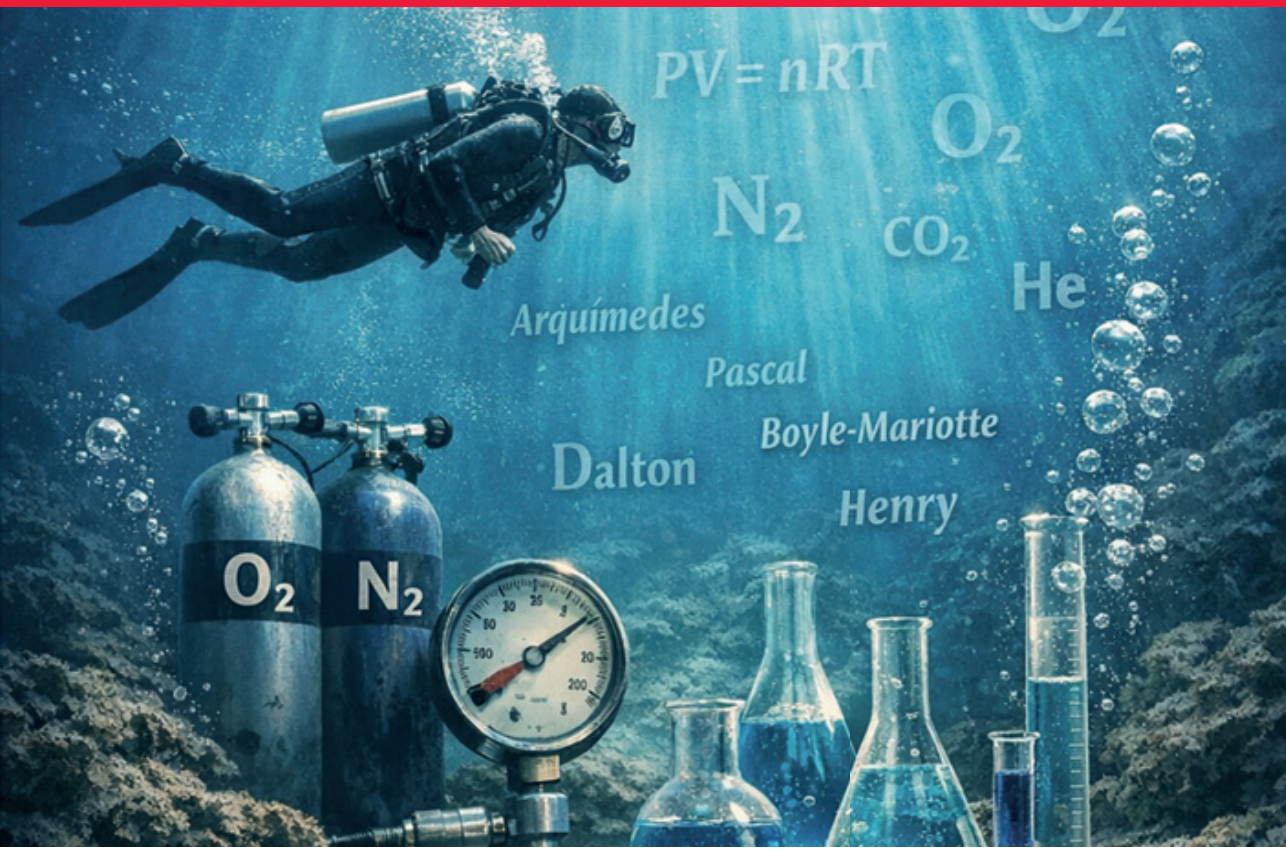
manuales
PRENSAS DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



La física y la química del buceo

Una guía para docentes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en torno a la práctica del buceo

Alfonso Pardo Juez
Carlos Rodríguez-Casals
Ana de Echave Sanz
Jorge Pozuelo Muñoz

LA FÍSICA Y LA QUÍMICA DEL BUCEO

Una guía para docentes
de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato
en torno a la práctica del buceo

LA FÍSICA Y LA QUÍMICA DEL BUCEO
Una guía para docentes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en torno a la práctica del buceo

Alfonso Pardo Juez
Carlos Rodríguez-Casals
Ana de Echave Sanz
Jorge Pozuelo Muñoz

PRENSAS DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA



Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Esta obra, integrada en la colección Manuales, ha sido sometida a un estricto proceso de evaluación externa por pares mediante el sistema de revisión ciega *(blind review).* Este procedimiento garantiza el rigor académico y la calidad didáctica de la publicación, asegurando su adecuación a los estándares de excelencia educativa.

© Alfonso Pardo Juez, Carlos Rodríguez-Casals, Ana de Echave Sanz y Jorge Pozuelo Muñoz
© De la presente edición, Prensas de la Universidad de Zaragoza
(Vicerrectorado de Cultura y Patrimonio)
1.ª edición, 2026

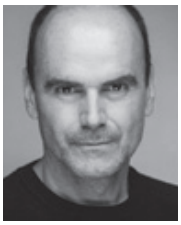
Colección Manuales, n.º 2

Prensas de la Universidad de Zaragoza. Edificio de Ciencias Geológicas, c/ Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España. Tel.: 976 761 330
puz@unizar.es http://puz.unizar.es

une Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional.

ISBN 979-13-7014-172-1
Impreso en España
Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza
D.L.: Z 1422-2026

Sobre los autores



Alfonso Pardo Juez
<https://orcid.org/0000-0001-6356-1954>

Alfonso Pardo (Bochum —Alemania—, 1964) es licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Zaragoza y doctor en Geología (PhD) por la Universidad de Princeton (EE. UU.). Ha investigado temas de indudable interés científico, como la extinción masiva del límite Cretácico-Terciario, tratando de averiguar las causas del ocaso de los dinosaurios y otros importantes grupos de organismos del pasado. Ha firmado más de ciento setenta artículos científicos y de divulgación, tanto en inglés como en castellano, en diversas publicaciones científicas arbitradas internacionales y españolas, así como en la prensa aragonesa y española, siendo colaborador habitual de diversas revistas y diarios. Buceador desde 1984 e instructor de buceo CMAS-FEDAS desde 1994, se ha sumergido bajo las aguas heladas de los ibones pirenaicos, para investigar el impacto que los seres humanos ocasionamos en estos frágiles y extraordinarios ecosistemas altoaragoneses. Su pasión por el buceo también le ha llevado a penetrar famosos pecios como el Salem Express o el Thistlegorm en el mar Rojo, encontrarse cara a cara con el tiburón ballena en Maldivas, bucear los cenotes del Yucatán, o las cuevas kársticas de Isla Mujeres con los célebres tiburones durmientes del golfo de México. Ha publicado relatos de ficción, algunos de los cuales han sido premiados. Es, asimismo, autor de un guion de ficción y de otros dos para documentales de divulgación científica.



Carlos Rodríguez-Casals
<https://orcid.org/0000-0002-8914-4929>

Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad de Zaragoza y licenciado en Ciencias Físicas. Su trayectoria profesional se ha desarrollado combinando la didáctica de las ciencias, la innovación educativa y la transferencia de conocimiento. Actualmente, es profesor en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales del Departamento de Didácticas Específicas de la Uni-

versidad de Zaragoza, donde imparte docencia en títulos de grado y máster, especialmente en el ámbito de la formación del profesorado de secundaria en ciencias experimentales. Su actividad investigadora se ha centrado en tres grandes líneas: didáctica de las ciencias, educación ambiental y metodologías activas. Ha participado en proyectos competitivos nacionales y liderado proyectos de transferencia y de innovación docente, cuyas aportaciones científicas se han plasmado en más de una veintena de publicaciones, con artículos en revistas indexadas, libros y capítulos de libro con editoriales académicas, así como comunicaciones en congresos nacionales e internacionales de referencia. Integrante del grupo de innovación educativa IDECEx y el Grupo de Acción Campus Iberus GACIG. En los últimos quince años, ha dirigido más de un centenar de trabajos de fin de máster (TFM), centrados en la aplicación de metodologías activas, inclusión educativa, gamificación y evaluación formativa en el ámbito de la Formación Profesional; un perfil que combina la experiencia docente contrastada, la investigación educativa con impacto y la aplicación práctica de resultados mediante transferencia y divulgación.



Ana de Echave Sanz
<https://orcid.org/0000-0003-4252-0285>

Doctora en Ciencias por la Universidad de Zaragoza (mención especial en los Premios eMadrid, 2017) y profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales desde 1997. Su actividad docente se ha centrado principalmente en la Facultad de Educación, en el ámbito de la formación inicial del profesorado de Educación Primaria y de Secundaria, especializándose en el diseño y desarrollo de actividades de aprendizaje para la física y la química escolar. Ha dirigido más de cuarenta trabajos de fin de grado y de fin de máster. Desde 2008, colabora con el Programa de Incentivo a la Innovación Docente de la Universidad de Zaragoza, participando en más de 30 proyectos de innovación en su área de especialización. Integrante del grupo de innovación educativa IDECEx y el Grupo de Acción Campus Iberus GACIG. En cuanto a la investigación, ha desarrollado especial interés por las prácticas científicas en escenarios didácticos de trabajos prácticos en el ámbito STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) en el marco de la investigación basada en el diseño.



Jorge Pozuelo Muñoz
<https://orcid.org/0000-0002-9223-6832>

Doctor en Educación, Máster en Aprendizaje a lo largo de la vida (investigación), Máster en Profesorado de Educación Secundaria (Premio Extraordinario), Máster en Historia de la Ciencia y Comunicación Científica y Grado en Física. Investigador en Didáctica de las Ciencias Experimentales con más de 30 artículos en revistas indexadas (Q1-Q2), 15 capítulos de libro y 50 contribuciones en congresos internacionales. Participa en proyectos competitivos nacionales y autonómicos y en iniciativas de transferencia como AULIA, con una línea centrada en diseño experimental, validación e implementación didáctica. Integrante del grupo de innovación educativa IDECEx y el Grupo de Acción Campus Iberus GACIG. Profesor ayudante doctor en la Universidad de Zaragoza, con más de 1000 horas de docencia en grados de Magisterio y Máster de Profesorado, dirección de TFG y TFM, codirección de tesis doctorales y coordinación de la especialidad de Física y Química (2024-2026).

Introducción

El buceo: una frontera extrema para la ciencia… y para la educación

El mundo subacuático representa, aún hoy, una de las últimas grandes fronteras para la exploración y el conocimiento de nuestro entorno y de nuestro planeta. A pesar de que más de dos tercios de la superficie terrestre están cubiertos por agua, el océano profundo continúa siendo un territorio casi inexplorado. Las razones de este desconocimiento no son triviales: las extremas condiciones del entorno —presión creciente, oscuridad, temperaturas bajas, saturación de gases— imponen enormes desafíos científicos y tecnológicos tanto a los materiales que se emplean en la exploración como al propio cuerpo humano, que ha evolucionado exclusivamente para la vida en superficie.

A diferencia de otros entornos hostiles como el espacio exterior, donde la vida humana solo es posible con tecnologías altamente sofisticadas, el buceo plantea una paradoja fascinante: cualquier persona puede sumergirse en el océano, pero para hacerlo con seguridad y eficacia es imprescindible comprender —y aplicar— una serie de principios fundamentales de física y química. Conocer los límites del propio cuerpo y anticipar cómo se ve afectado por los cambios de presión, temperatura, volumen o composición gaseosa en una inmersión no es solo una cuestión científica, sino, literalmente, una cuestión de vida o muerte.

Sabías que…

Espacio o fondo oceánico: ¿qué entorno es más hostil?

A menudo, cuando pensamos en los lugares más extremos para la vida humana, la imaginación nos lleva al espacio exterior. Sin embargo, el fondo oceánico, especialmente las grandes profundidades como la fosa de las Marianas, representa un entorno igual o incluso más hostil. Aunque ambos escenarios —el espacio y el océano profundo— imponen límites severos a la exploración humana, lo hacen mediante desafíos físicos y técnicos distintos, que permiten establecer comparaciones reveladoras y educativas.

Similitudes: desafíos compartidos

Tanto el espacio como el fondo oceánico son entornos absolutamente incompatibles con la vida humana sin asistencia tecnológica. En ambos casos, el cuerpo humano necesita sistemas de soporte vital: presión controlada, oxígeno respirable, protección térmica y comunicación con el exterior. Ambos medios presentan una presión exterior extrema —en el caso del espacio, por su ausencia (vacío); en el caso del océano profundo, por su exceso (hiperpresión)— y requieren vehículos especialmente diseñados: naves espaciales o batiscafos, trajes presurizados o escafandras.

Además, en ambos contextos, la percepción sensorial se ve alterada: no hay sonido en el vacío del espacio, y bajo el agua el sonido se propaga y se percibe de forma distinta, dificultando la localización de fuentes. La luz también se comporta de forma muy diferente: en el espacio hay una exposición constante a la radiación solar sin filtro atmosférico; en el fondo oceánico reina la oscuridad total a partir de los 1000 metros.

Diferencias: lo visible y lo desconocido

La diferencia más evidente radica en la accesibilidad y el desarrollo tecnológico: mientras que más de 600 personas han salido al espacio desde los años 60, tan solo 27 han descendido al punto más profundo de los océanos (el Challenger Deep). Este dato es elocuente: a pesar del avance de la tecnología espacial, el océano profundo sigue siendo más difícil de explorar, principalmente por la presión extrema que alcanza más de 1000 atmósferas, que exige materiales y estructuras de altísima resistencia.

Otra diferencia crítica es el riesgo operativo. Según datos recientes (2025), el porcentaje de mortalidad en misiones espaciales ronda el 3,1 %, mientras que en inmersiones profundas supera el 18 %, como demostró el trágico accidente del sumergible Titan en 2023. A esto se suma que, en estos entornos, incluso pequeños errores en el control de la presión pueden resultar letales, como lo evidencia la muerte del buceador Yuri Lipski.

Una comparación educativa

Tanto el espacio como el océano profundo nos recuerdan que vivir fuera de nuestro entorno natural exige comprender a fondo las leyes físicas que nos rodean. Y esa comprensión, cuando se logra desde la curiosidad, la indagación y el desafío, puede convertirse en una herramienta poderosa para enseñar y aprender ciencia.

Desde el punto de vista educativo, esta comparación resulta especialmente valiosa. Contraponer ambos entornos permite que el alumnado explore

conceptos fundamentales de física como la presión, el vacío, la densidad, la acción de las fuerzas, la propagación del sonido o la transferencia de calor en contextos reales. También permite abordar de forma transversal cuestiones de ingeniería, matemáticas, fisiología humana y sostenibilidad.

Por ello, los cursos de formación para obtener una titulación de buceo incluyen, desde los niveles más básicos, contenidos rigurosos de física y química: presión atmosférica e hidrostática, densidad, flotabilidad, transmisión del sonido, transferencia de calor, leyes de los gases y composición de mezclas gaseosas respirables, toxicidad por gases, entre otros. Buceadores con niveles académicos muy diversos —desde personas con formación escolar mínima hasta doctores universitarios— terminan comprendiendo y utilizando de manera eficaz este cuerpo de conocimientos científicos, porque lo necesitan para sobrevivir en un ambiente hostil y disfrutar con seguridad de una actividad tan apasionante como exigente.

Este hecho es, sin duda, revelador: si el buceo puede enseñar física y química con eficacia a personas con niveles de formación y experiencias vitales muy diversos, ¿por qué no convertirlo en una situación de aprendizaje para Educación Secundaria y Bachillerato? El buceo, además, tiene una capacidad extraordinaria para captar la atención del alumnado. Basta recordar el legado de Jacques Cousteau o las impactantes imágenes de series como *Planeta azul* o *Los océanos* de la BBC, para comprobar su potencial visual, narrativo y emocional. Sumergirse en el mar es también una metáfora poderosa del conocimiento: un descenso progresivo a realidades ocultas que solo se revelan cuando estamos dispuestos a enfrentarnos a nuevos entornos, nuevas leyes, nuevas formas de indagar y explorar la naturaleza.

En este libro proponemos que el buceo sea más que una actividad deportiva o recreativa: lo planteamos como un escenario para aprender ciencia, diseñar situaciones de aprendizaje contextualizadas y formar a docentes capaces de integrar contenidos, competencias y emoción en la enseñanza de física y química.

A través del análisis de los principios fisicoquímicos que regulan el buceo, y mediante propuestas concretas para el aula, buscamos ofrecer al profesorado de ESO y Bachillerato una herramienta sólida, flexible e inspiradora. Porque enseñar ciencia no debería consistir en llenar cuadernos de fórmulas, sino en preparar a nuestro alumnado para entender y actuar en un mundo complejo, fascinante y, en buena parte, aún por explorar —como el océano y sus fondos—.

El buceo como contexto didáctico innovador

Pocos escenarios resultan tan ricos, sugerentes y versátiles como el buceo para enseñar ciencia en la escuela. Esta actividad, que combina física, química, biología, ingeniería, matemáticas y fisiología humana, permite vincular fenóme-

nos cotidianos con conceptos teóricos de alta exigencia para el alumnado. El buceo es una puerta de entrada a cuestiones fundamentales como la presión, la flotabilidad, los cambios de estado, la toxicidad de los gases o la transferencia de calor. Todo ello en un medio que desafía nuestros sentidos, pone a prueba nuestras tecnologías y capacidades fisiológicas, exigiendo una comprensión precisa de las leyes naturales.

Además, el buceo permite introducir narrativas atractivas y reales: desde las gestas de exploración submarina hasta accidentes célebres como el de Yuri Lipski en el Blue Hole de Dahab en la costa del mar Rojo egipcio, el rescate subacuático de los niños atrapados en la cueva de Tham Luang en Tailandia o la implosión del batiscafo Titan a una profundidad de entre 2500 y 2700 metros en el océano Atlántico Norte —y cuyos restos se encontraron esparcidos a unos 300 metros de la proa del Titanic—. Estos casos aportan un componente emocional, ético y técnico que estimula el pensamiento crítico del alumnado y favorece un aprendizaje con sentido.

Enseñar competencias a través de situaciones de aprendizaje

Una de las modificaciones introducidas más significativas ha sido el cambio del foco educativo desde la enseñanza de contenidos enciclopédicos hacia el desarrollo integrado de competencias clave. En este nuevo modelo de integración, el conocimiento ya no se concibe como un conjunto de saberes estáticos, sino como una herramienta dinámica al servicio de la comprensión del mundo, la resolución de problemas y la toma de decisiones responsables. Es decir, se aprende para *hacer*, para *pensar críticamente* y para *actuar con criterio* en contextos diversos y reales.

En este marco, las situaciones de aprendizaje (SA) se convierten en el principal vehículo pedagógico para articular los elementos curriculares —saberes básicos, competencias específicas, criterios de evaluación— y dotarlos de significado. Una situación de aprendizaje no es una simple actividad o proyecto, sino un escenario didáctico diseñado para que el alumnado enfrente un reto auténtico que requiere movilizar conocimientos, aplicar habilidades, tomar decisiones fundamentadas y reflexionar sobre sus acciones y aprendizajes.

Este libro propone el buceo como un ejemplo paradigmático de SA, no solo por su riqueza conceptual y su potencia visual, sino porque permite formular preguntas abiertas, realizar exploraciones experimentales, conectar disciplinas, hacer visible la utilidad del conocimiento científico y fomentar el interés por el

medio natural. Al situar al alumnado frente a problemas reales relacionados con la actividad subacuática —desde el control de la flotabilidad hasta la comprensión de los efectos de la presión sobre los gases—, se crea un contexto en el que el aprendizaje se vuelve activo, funcional y significativo.

Desde una perspectiva competencial, el diseño de situaciones de aprendizaje en torno al buceo permite trabajar múltiples dimensiones del desarrollo educativo:

- Mejorar la comprensión de fenómenos físicos y químicos en entornos reales, a través de la indagación: el buceo implica una aplicación directa de principios como la ley de Boyle, el principio de Arquímedes o la ley de Henry. El alumnado puede observar, simular o incluso tener experiencia en seco de los efectos de la presión, la densidad o la transferencia de calor.
- Estudiar las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA): el análisis del buceo permite explorar cuestiones como el impacto ambiental del turismo subacuático, los límites de la tecnología en entornos extremos o las implicaciones éticas de ciertas prácticas. También puede vincularse a la sostenibilidad de los océanos y al conocimiento del planeta desde una perspectiva crítica.
- Ejercitar la argumentación científica con un lenguaje específico: el uso de la modelización, la elaboración de explicaciones causales y el análisis de datos experimentales favorecen el desarrollo del pensamiento científico y el uso riguroso del lenguaje propio de la la física y la química.
- Fomentar la autonomía, toma de decisiones y trabajo colaborativo: las SA ofrecen una oportunidad para que el alumnado gestione tiempos, roles, fuentes de información y recursos para resolver una tarea compleja de manera autorregulada, favoreciendo la responsabilidad individual y la colaboración entre iguales.
- Concienciar del propio riesgo y de los aspectos éticos en su práctica: el buceo pone de manifiesto los límites del cuerpo humano y la necesidad de actuar con seguridad y conocimiento. Las situaciones de buceo pueden ser utilizadas para discutir la ética de la exploración, la toma de decisiones en entornos peligrosos o los valores asociados al conocimiento científico (precisión, humildad, verificación, etc.).

El buceo no solo tiene un componente *motivacional,* sino que aporta un verdadero escenario de aprendizaje competencial. A través de él, el profesorado puede articular una secuencia de aprendizaje basada en la indagación, el pensamiento crítico y la interdisciplinariedad, alineada con los principios de la educación del siglo XXI.

Propósito del libro

Así, este libro nace con la intención de proporcionar al profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato una guía práctica y fundamentada para el diseño de situaciones de aprendizaje en Física y Química, utilizando el buceo como contexto motivador e interdisciplinar. El objetivo es triple: enriquecer la formación docente inicial y permanente, facilitar el desarrollo de propuestas competenciales alineadas con los paradigmas didácticos actuales y ofrecer un modelo replicable de enseñanza basada en contextos reales, científicos y técnicamente rigurosos.

A lo largo de estas páginas, proponemos un itinerario que combina conocimientos científicos, herramientas didácticas y ejemplos de implementación práctica. Lejos de ser un tratado técnico sobre el buceo, este libro es una invitación a sumergirse —con mente curiosa y espíritu crítico— en los fundamentos de la ciencia escolar desde una perspectiva contextualizada, activa y significativa.

¿Cómo usar este libro?

Este libro está concebido como una herramienta flexible para la formación inicial del profesorado de ciencias y, al mismo tiempo, como un recurso vivo para el desarrollo profesional continuo. No propone recetas cerradas ni modelos rígidos, sino un marco conceptual y didáctico que invita a pensar, adaptar y crear. Su propósito es promover una enseñanza reflexiva, contextualizada y significativa, donde el buceo se convierte en un escenario auténtico, el contexto real e integrador para comprender la física, la química y la biología en acción. La situación de aprendizaje se inicia adoptando la perspectiva de la experiencia del buceador y continúa con el diseño de actividades que tienen por objeto ir adoptando el punto de vista de un observador externo con parámetros propios de la ciencia escolar.

Su estructura es secuencial —del contexto a la didáctica, de la fundamentación al diseño— pero también modular, de modo que cada docente pueda elegir por dónde empezar según su experiencia, intereses o necesidades de aula. Los capítulos pueden leerse de forma independiente, aunque siguen un hilo progresivo: primero se presentan el contexto del buceo y sus fundamentos científicos (capítulos 1 y 2), después se introducen marcos teóricos y pedagógicos para el diseño de situaciones de aprendizaje (capítulo 3) y, a continuación, se ofrecen propuestas didácticas concretas organizadas por niveles educativos (capítulos 4 y 5). Las actividades y casos no deben replicarse de manera mecánica: son guías para inspirar nuevas prácticas, para modelizar y reinterpretar el conocimiento científico, y para integrarlo en contextos educativos diversos. Por ello, se anima al lec-

tor a modificarlas, ampliarlas o combinarlas según sus intereses, su experiencia docente o las particularidades de su alumnado.

Tras este recorrido conceptual, científico y didáctico, los capítulos 6 y 7 representan la fase de aplicación y proyección profesional. El capítulo 6, «Casos reales para la reflexión docente», invita a analizar situaciones auténticas —accidentes, hitos de exploración, controversias tecnológicas— como oportunidad para repensar la práctica, detectar errores conceptuales, revisar creencias previas y debatir sobre la dimensión ética y social de la ciencia. El foco no es solo «qué enseñar», sino «cómo lo interpretamos» y «qué implicaciones tiene» para el aula. Es un capítulo orientado a desarrollar el juicio profesional y a fortalecer la toma de decisiones informada en el aula.

El capítulo 7, dedicado al diseño de situaciones de aprendizaje, ofrece unas claves para que el profesorado genere sus propias secuencias didácticas vinculadas al buceo y a las propuestas recogidas en este libro. Se pone especial énfasis en el enfoque competencial, la evaluación formativa, la integración de saberes y la inclusión de dimensiones éticas, sociales y ambientales de la ciencia.

El glosario final es una herramienta clave para el profesorado y el alumnado: recoge y define los términos esenciales relacionados con la física del buceo, la química de los gases, la fisiología hiperbárica y la tecnología subacuática, favoreciendo la comprensión de los textos y el desarrollo del lenguaje científico.

El apéndice 1 presenta un listado de películas y documentales sobre buceo. Las películas y documentales relacionados con el buceo son un complemento didáctico muy potente, porque permiten visualizar fenómenos físicos y fisiológicos difíciles de observar en el aula. Los documentales suelen ser científicamente precisos. En cambio, las películas de ficción a menudo incluyen errores científicos deliberados, lo que convierte su análisis en una oportunidad para desarrollar pensamiento crítico, detectar malentendidos comunes y reforzar conceptos físicos y químicos. Integrar estos recursos en clase —ya sea mediante escenas concretas, análisis guiados o debates— ayuda a conectar la teoría con situaciones reales o narrativas visuales. Ambos fomentan la motivación del alumnado y permiten trabajar dimensiones éticas, tecnológicas y humanas de la exploración subacuática.

El apéndice 2, dedicado a las *modalidades de buceo según los sistemas de respiración y el grado de autonomía*, amplía la perspectiva del lector sobre la diversidad de prácticas subacuáticas existentes. En él se analizan las principales formas de buceo —desde el buceo con suministro de aire desde superficie hasta el buceo autónomo, el uso de *rebreathers* o la apnea— poniendo de relieve cómo cada modalidad responde a necesidades técnicas, científicas, profesionales o deportivas diferentes. Este apéndice permite comprender la evolución histórica y tecnológica del buceo, así como las implicaciones físicas, químicas y fisiológicas asociadas a

cada sistema, ayudando al docente a contextualizar mejor los contenidos del libro y a mostrar al alumnado que no existe una única manera de «bucear», sino múltiples enfoques que reflejan distintas formas de interacción entre el ser humano y el medio subacuático

El apéndice 3, centrado en *la enseñanza del buceo deportivo con escafandra autónoma*, ofrece una visión estructurada de las principales organizaciones internacionales y nacionales que regulan y estandarizan la formación de buceadores recreativos. En él se describen los distintos sistemas de certificación, niveles y competencias propuestos por entidades como PADI, CMAS, ACUC o FEDAS, poniendo de relieve sus enfoques formativos, sus similitudes y sus diferencias. Este apéndice resulta especialmente útil para contextualizar el buceo como una actividad reglada, basada en estándares de seguridad y progresión competencial, y permite al profesorado comprender cómo los conocimientos de física, química y fisiología abordados en el libro se traducen en requisitos formativos reales dentro del ámbito del buceo deportivo.

El buceo no solo es adquirir una habilidad para su práctica; también requiere el conocimiento para enfrentarse a un medio hostil que desafía nuestras percepciones sobre el cuerpo humano, la materia, el calor, la presión o el sonido. Supone nuevas experiencias y enriquecimiento de la percepción del mundo físico.

Enseñar ciencia a través del buceo no es únicamente motivar al alumnado: es ofrecerle una oportunidad real para entender el mundo desde otro ángulo. Este libro aspira a ser una brújula en ese camino educativo compartido entre profesorado y estudiantes hacia una de las últimas fronteras de nuestro planeta: el océano.

Tabla de contenido

Sobre los autores 7

Introducción 11
- El buceo: una frontera extrema para la ciencia... y para la educación 11
- El buceo como contexto didáctico innovador 13
- Enseñar competencias a través de situaciones de aprendizaje 14
- Propósito del libro 16
- ¿Cómo usar este libro? 16

Capítulo 1. El buceo: una breve historia 19
- 1.1. Del buceo en apnea ancestral al buceo autónomo 19
- 1.2. Hitos en la exploración submarina 28
- 1.3. Equipos y tecnologías del buceo 32
- 1.4. Riesgos y desafíos de la práctica del buceo 33

Capítulo 2. El buceo como situación de aprendizaje interdisciplinar 35
- 2.1. El marco de las situaciones de aprendizaje 35
- 2.2. Grandes ideas de la ciencia escolar (Harlen, 2010) 36
- 2.3. Un ejemplo de los saberes básicos de Física y Química en la Enseñanza Secundaria vinculados al buceo 39
  - 2.3.1. 2.º de ESO – Física y Química 41
  - 2.3.2. 4.º de ESO – Física y Química 42
  - 2.3.3. 1.º de Bachillerato – Física y Química 43
- 2.4. Tópicos científicos relacionados con el buceo 44

Capítulo 3. El buceo: fundamentos fisicoquímicos y riesgos biológicos derivados 47
- 3.1. Presión atmosférica e hidrostática 48
- 3.2. Modelos de flotabilidad en un fluido: de los materiales a las fuerzas 49
- 3.3. Principios físicos fundamentales del buceo 50
  - 3.3.1. Principio de Arquímedes 51
  - 3.3.2. Principio de Pascal 51
  - 3.3.3. Ley de Boyle-Mariotte 53
  - 3.3.4. Ley de Dalton 60
  - 3.3.5. Ley de Henry 63

3.4. Otras leyes físicas relevantes en el buceo 69
3.5. Acústica submarina: el sonido bajo el agua 71
3.6. Óptica en el medio subacuático: ¿cómo se ve bajo el agua? 74
3.7. Termodinámica y calor en el agua 78
Capítulo 4. Propuestas didácticas para Educación Secundaria Obligatoria . 81
4.1. Actividades de iniciación sobre materia e interacción 82
4.1.1. Actividad 1: ¿Cómo flota o se hunde un buceador? 83
4.1.2. Actividad 2: El buceador y la transferencia de calor 89
4.1.3. Actividad 3: ¿Pueden los animales controlar su densidad? Una reflexión interdisciplinar sobre biología, física y adaptaciones al medio 96
4.2. Actividades sobre la presión y las fuerzas en los fluidos 103
4.2.1. Actividad 1: ¿Cómo se mueve un buceador durante la inmersión en la columna de agua? 109
4.2.2. Actividad 2: La presión del agua y el reto del tubo de buceo 114
4.2.3. Actividad 3: El chaleco hidrostático y la palomita de maíz 119
4.2.4. Actividad 4: El encuentro del apneísta y el buceador en el fondo. Una regla de seguridad que salva vidas 125
4.2.5. Actividad 5: La maniobra de Valsalva. Presiones y cavidades corporales 128
Capítulo 5. Propuestas didácticas para Bachillerato 133
5.1. Actividades sobre gases y las transferencias de energía 133
5.1.1. Actividad 1: Visualizando la ley de Dalton 142
5.1.2. Actividad 2: ¿Qué respira un buceador? Leyes de Dalton y Henry 144
5.1.3. Actividad 3: La saturación continua, ¿por qué sigue disolviéndose gas durante el ascenso? 154
5.1.4. Actividad 4: Planificando una inmersión a 48 m. Consumo, presiones parciales y mezcla segura 161
Capítulo 6. Casos reales para la reflexión docente 169
6.1. Caso de estudio: El batiscafo Trieste desciende por primera vez al fondo de la fosa de las Marianas (23 de enero de 1960) 170
6.2. Caso de estudio: El accidente de Yuri Lipski en el Blue Hole (Dahab, 2000) 175
6.3. Caso de estudio: Ahmed Gabr. Desafíos y riesgos de las grandes profundidades (2014) 181
6.4. Caso de estudio: Rescate subacuático en la cueva de Tham Luang (2018). Presión, flotabilidad y planificación en condiciones extremas 186

6.5. Caso de estudio: El accidente del Titan (2023). Ingeniería, presión extrema y errores de diseño 193
Capítulo 7. Diseño de situaciones de aprendizaje 201
7.1. Incorporación de actividades con enfoque STEM 203
7.2. La importancia de una evaluación formativa 204
7.3. Reflexión sobre el papel docente: de la transmisión a la mediación 205
7.3.1. ¿Qué significa adoptar el papel de mediador en docencia? 206
7.3.2. Cualidades y capacidades del profesorado mediador 207
7.3.3. Transición de la transmisión a la mediación 207
Epílogo: mirar el mundo desde otra profundidad 209
Glosario 211
Sugerencia para un uso didáctico del glosario 219
Apéndice 1. Listado de películas y documentales sobre buceo 221
Documentales sobre buceo 221
Películas de ficción sobre buceo 222
Recomendaciones didácticas 224
Objetivo general 224
Apéndice 2. Modalidades de buceo: sistemas de respiración y autonomía 227
Buceo con narguilé (buzo clásico o de superficie) 227
Buceo con escafandra autónoma de circuito abierto (SCUBA clásico) 227
Buceo con escafandra autónoma de circuito cerrado *(rebreather)* 228
Buceo en apnea *(freediving)* 228
Apéndice 3. La enseñanza del buceo deportivo: organizaciones, niveles y competencias 231
Buceo recreativo con escafandra autónoma 231
Buceo en apnea 232
Notas adicionales 234
Bibliografía 235

El océano es una de las últimas fronteras del conocimiento de nuestro planeta. Gracias al buceo, el ser humano puede explorar un mundo aún repleto de incógnitas y descubrimientos científicos. Cada inmersión pone a prueba las leyes de la física, la química y la fisiología humana. Este manual convierte ese desafío en una poderosa experiencia de aprendizaje al utilizar el buceo como contexto para comprender la ciencia que gobierna el mundo subacuático. Mediante propuestas didácticas, casos reales, experimentos y recursos para el aula, revela el extraordinario potencial del buceo para enseñar y aprender ciencias. Una obra que combina rigor científico, innovación didáctica y la fascinación por el océano.

S O C I A L E S

ISBN 979-13-7014-172-1

colección
manuales

Prensas de la Universidad
Universidad Zaragoza