

Del entrenamiento a la supervivencia: estrategias para afrontar el Ditching desde la psicofisiología

Cesar Emilio Córdoba Silva

Tecnólogo de Mantenimiento Aeronáutico (TMA); Piloto Comercial de Avión (PCA); Instructor de Especialidades Técnicas (IET) – Aerocivil; English TKT Certified - Cambridge University; Estudiante inglés C-2; Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Fundación Universitaria San José. Docente de Tiempo Completo Escuela de Aviación Policial – ESAVI.

Correo electrónico: cesarcordobas@gmail.com

Filiación institucional: Escuela de Aviación Policial de Colombia

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0971-6250>

Julio Cesar Sandoval Campos

Ingeniero de Telecomunicaciones, Tecnólogo en Mantenimiento Aeronáutico especializado en sistemas eléctricos, electrónicos e Instrumentos de Aeronaves. Técnico en Línea de Aviones. Diplomado en Docencia Universitaria y Herramientas Pedagógicas para la Educación Superior.

Docente de Tiempo Completo Escuela de Aviación Policial

Correo electrónico: juliosandovalc82@gmail.com

Filiación institucional: Escuela de Aviación Policial de Colombia

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6748-393X>

Diego Felipe Mesa Mera

Administrador Policial, Especialista en Seguridad Pública, Piloto Policial, Piloto Instructor Helicópteros Bell Ranger 206, Huey II y UH-60 A/L Black Hawk, Piloto Instructor de Vuelo por Instrumentos, Docente Policial, Diplomados en Derechos Humanos, Liderazgo, Seguridad y en Pedagogía, Director Escuela de Aviación Policial

Correo electrónico: diego.mesa@correo.policia.gov.co

Filiación institucional: Escuela de Aviación Policial de Colombia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9690-3548>

John Jairo Cortes Bejarano

Técnico Laboral por Competencias en Mantenimiento Aeronáutico, Tecnólogo en Estudios Policiales, Estudiante de Gestión Comercial y de Negocios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Jefe Grupo Investigación, Innovación y Tecnología Escuela de Aviación Policial – ESAVI.

Correo electrónico: john.cortes3509@correo.policia.gov.co

Filiación institucional: Escuela de Aviación Policial de Colombia

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3178-380X>

Pedro Andrés Vega Gómez

Técnico Profesional en Servicio de Policía, Estudiante de Licenciatura en Lenguas Extranjeras con Énfasis en inglés de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, responsable de Calidad Educativa de la Escuela de Aviación Policial – ESAVI.

Correo electrónico: pedro.vega@correo.policia.gov.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7265-7357>

Oscar Eduardo Giraldo López

Técnico Profesional en Servicio de Policía, Estudiante de Administración de Empresas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Investigador en Ciencia, Tecnología e Innovación de la Escuela de Aviación Policial - ESAVI.

Correo electrónico: oscar.giraldo5408@correo.policia.gov.co

Filiación institucional: Escuela de Aviación Policial de Colombia

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2000-6846>

Artículo derivado de un proyecto de investigación: *El Ditching (rescate acuático) en emergencias acuáticas extremas en aeronaves, carga cognitiva, entrenamiento subacuático y resiliencia psicofisiológica.*

Como citar:

Córdoba-Silva, C., Sandoval-Campos, J., Mesa-Mera, D., Cortes-Bejarano, J., Vega-Gómez, P y Giraldo-López, O. (2025). Del entrenamiento a la supervivencia: estrategias para afrontar el Ditching desde la psicofisiología. *Revista Sinergia*, (17), 191-204. Recuperado a partir de <http://sinergia.colmayor.edu.co/ojs/index.php/RevistaSinergia/article/view/140>

DOI: [10.54997/rsinergia.n17a10](https://doi.org/10.54997/rsinergia.n17a10)

Enviado: 28 de abril de 2025

Aceptado: 30 de mayo de 2025

Publicado: 23 de junio de 2025

Correo principal: oscar.giraldo5408@correo.policia.gov.co

Editor: PhD Mario Heimer Flórez Guzmán

RESUMEN

El desarrollo de habilidades en la evacuación subacuática, más conocida como ditching, es esencial para las tripulaciones aéreas y marítimas. Aunque estas técnicas están bien desarrolladas, persisten vacíos en la preparación para responder a emergencias reales desde una perspectiva psicofisiológica. Este artículo investiga cómo factores de carga mental, el estrés repentino, la sorpresa y la demanda física afectan el rendimiento humano en condiciones extremas. A pesar de todo esto, se han propuesto enfoques que combinan la monitorización en tiempo real con tecnologías biométrica, la exposición gradual a factores estresantes y la réplica exacta de exigencias físicas. En tal sentido el objetivo del estudio es dar a conocer cómo se puede evolucionar de un entrenamiento técnico a una preparación psicofisiológica integral, lo que permite mejorar la capacidad de supervivencia en situaciones extremas en el agua. Finalmente, se sugiere futuros estudios que se enfoquen en modelos híbridos de simulación que permita integrar los factores físicos, emocionales, cognitivos y culturales de forma simultánea y realista.

PALABRAS CLAVE: *Carga cognitiva, Ditching, Resiliencia psicofisiológica, Entrenamiento subacuático, Emergencias acuáticas extremas.*

ABSTRACT

Developing skills in underwater evacuation, better known as ditching, is essential for aviation and maritime crews. Although these techniques are well developed, gaps persist in their preparation for responding to real emergencies from a psychophysiological perspective. This article investigates how mental load, sudden stress, surprise, and physical demands affect human performance in extreme conditions. Despite all this, approaches have been proposed that combine real-time monitoring with biometric technologies, gradual exposure to stressors, and the exact replication of physical demands. The objective of this study is to explain how training can evolve from technical training to comprehensive psychophysiological preparation, which improves survival capacity in extreme water situations. Finally, we suggest future studies focusing on hybrid simulation models that integrate physical, emotional, cognitive, and cultural factors simultaneously and realistically.

KEYWORDS: *Cognitive load, Ditching, Psychophysiological resilience, Underwater training, Extreme aquatic emergencies.*

INTRODUCCIÓN

La génesis del concepto ditching se relaciona en su base con el aterrizaje de emergencia de una aeronave sobre una fuente de agua; si hablamos de entrenamiento en evacuación subacuática, mejor conocido como ditching training, por sus siglas en inglés, representa un elemento valiosísimo en la formación de tripulaciones aéreas y marítimas y su respuesta eficaz frente a situaciones críticas como ésta. Siendo algo fuera de lo común, este tipo de adiestramiento se orienta a potenciar las probabilidades de supervivencia en situaciones de ditching, donde las condiciones extremas del entorno (agua fría, visibilidad reducida, alta presión temporal) exigen respuestas efectivas tanto a las capacidades físicas como cognitivas de los individuos (Smith & Johnson, 2023). Si se tiene en cuenta, que las tripulaciones suelen ser multiculturales, es importante diferenciar la percepción y la gestión del estrés garantizando un entrenamiento efectivo (Jensen & Oldenburg, 2020).

Ante estos retos, surge la pregunta: ¿Será suficiente el dominar las técnicas mecánicas de egreso, o la supervivencia efectiva necesita de estrategias de autorregulación psicofisiológica? Investigaciones como el de Clemente-Suárez et al. (2022), Diarra et al. (2023) y Hebbar et al. (2023) se orientan hacia esta última hipótesis, señalando que la solución ante situaciones de alta incertidumbre y carga física, como el ditching, está determinada por la carga cognitiva, el estrés agudo, el sobresalto y la capacidad de adaptación fisiológica. Por su parte Sun et al. (2021) indican que avances en sensores subacuáticos, como los sistemas de posicionamiento acústico de alta precisión, lo va a permitir monitorear estas variables en tiempo real, la resistencia al agua. Lecciones extraídas de situaciones de alto estrés, como el entrenamiento de bomberos,

sugieren que la preparación física y cognitiva puede mejorarse incluyendo enfoques interdisciplinarios (Ras et al., 2024).

Los simuladores de última generación ofrecen una plataforma para evaluar estas variables en entornos controlados y seguros. Pese a los progresos, persisten diferencias importantes entre la teoría y la práctica en emergencias acuáticas, especialmente en la integración de variables psicofisiológicas críticas (Cheng et al., 2024; Verkennis et al., 2025). La Dirección General de Aeronáutica Civil (2022) destaca que el aspecto emocional y mental de los tripulantes a menudo se pasa por alto en la formación tradicional, aunque es fundamental para el desempeño en situaciones de emergencia extrema.

Siguiendo esta perspectiva, el objetivo de este estudio es analizar las principales variables psicofisiológicas que están asociadas al entrenamiento de evacuación subacuática, y plantear estrategias concretas que permita fortalecer la transición efectiva del entrenamiento a la supervivencia.

Figura 1. *Simulador de egreso subacuático*



Fuente: Helicopter Ditching Incident Analysis. (2022).

REVISIÓN TEÓRICA

Aspectos Psicofisiológicos en formación de habilidades de Evacuación Subacuática y su influencia en la Supervivencia

Contar con conocimientos técnicos no es suficiente para lograr una evacuación subacuática exitosa, sino también se debe considerar la capacidad de poder manejar nuestras propias emociones y respuestas físicas bajo presión en el agua. A pesar de que se realizan esfuerzos para entender la conducta humana en situaciones de emergencia, la supervivencia en una evacuación real va a depender principalmente de nuestra capacidad para manejar las respuestas psicofisiológicas. Factores como el estrés intenso, el impacto

sorpresa, la exigencia física intensa, el miedo a enfrentar el peligro, la sobrecarga mental puede ser determinantes en el éxito o el fracaso durante el entrenamiento y en situaciones reales. Si no se corrige, estos factores pueden limitar nuestra capacidad para responder de manera efectiva (Clemente-Suárez et al., 2022; Hormeño-Holgado et al., 2020).

Asimismo, se debe considerar que no todas las personas reaccionan igual en condiciones de estrés: la diversidad cultural dentro de las tripulaciones repercute en la manera de cómo se percibe y enfrenta estas situaciones. Por eso, es importante que los entrenamientos se puedan adaptar a las características y necesidades de cada grupo (Jensen & Oldenburg, 2020).

Actualmente, gracias a los avances tecnológicos, se puede contar con sensores subacuáticos de última generación, como los sistemas de posicionamiento acústico. Estos instrumentos que nos permiten monitorear en tiempo real cómo es que reacciona el cuerpo y la mente durante una evacuación, permitiendo ayudar a mejorar el entrenamiento y mejorar las limitaciones que se presentan en los métodos tradicionales (Sun et al., 2021)

Carga Cognitiva en Situaciones de Ditching

La carga cognitiva se refiere a la cantidad de esfuerzo mental que se necesita para entender, recordar y aplicar lecturas importantes en una situación determinada. En una situación de evacuación subacuática, los tripulantes deben superar el desafío de interpretar señales distorsionadas, recordar procedimientos precisos, coordinar movimientos exactos y tomar decisiones rápidas en un entorno bajo una presión temporal. Todas estas actividades al presentarse de forma simultánea pueden aumentar de manera significativa la carga mental, dificultando la ejecución de maniobras importantes si no se maneja adecuadamente.

Diversos estudios, como los realizados por Verkennis y et al. (2025) y Zhou et al. (2024), han reportado que cuando hay aumento de la carga cognitiva, se puede observar una disminución en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y cambios en los movimientos oculares. Estos indicadores fisiológicos pueden usarse como señales de advertencia sobre una posible disminución del desempeño. Por su parte García y Pérez (2020) destacan que el exceso cognitivo durante el uso de simuladores de vuelo puede influir con un elevado reporte de errores críticos, indicando que urge la necesidad de perfeccionar no solo las habilidades técnicas, sino también la habilidad de gestionar la carga mental, principalmente en entornos acuáticos que presentan desafíos adicionales.

Estrés Agudo, Sobresalto y Sorpresa: Desafíos para la Supervivencia

Existen eventos críticos donde el estrés agudo se activa como un mecanismo de alerta o defensa, que nos prepara para reaccionar. Sin embargo, cuando este factor llega a un nivel alto, puede resultar en una barrera que no permite ejecutar acciones coordinadas. En situaciones de emergencias subacuáticas como el amerizaje forzoso, factores imprevistos las respuestas instintivas se activan. Estas reacciones, aunque naturales, llegan a anular la secuencia planificada de movimientos que dificultan la adaptación rápida al escenario cambiante de la crisis.

Investigaciones recientes revelan dos efectos clave de estas respuestas:

1. Descoordinación motora: esto se presenta ante repentinos estímulos inesperados que pueden afectar negativamente la sincronización de los movimientos, particularmente en entornos con limitaciones físicas como el agua (Diarra et al., 2023).
2. Bloqueo cognitivo: La sorpresa, puede limitar nuestra habilidad para procesar información y actualizar nuestra comprensión de la situación, lo que genera que algunos expertos llaman "ceguera operativa transitoria" (Medalideta Cruz, J., & Velasco Díaz, C. (2016).

Thompson y Nguyen (2021), ha reportado que bajo presión extrema y con información sensorial limitada, el tiempo de toma de decisiones se incrementa hasta en un 40%. Ante esto surge la necesidad de diseñar programas de entrenamiento que permita exponer a los tripulantes a estímulos sorpresa controlados, combinando prácticas realistas con técnicas de control emocional (Viera et al., 2024). Estudios indican que esta práctica no solo mejora la recuperación cognitiva post-sobresalto, sino que también va permitir reducir en un 32% los errores operativos que se generan en situaciones críticas (Diarra et al., 2023).

Evaluación Psicofisiológica como Estrategia de Optimización del Entrenamiento

La incorporación de tecnologías avanzadas para monitorear las respuestas psicofisiológicas durante el entrenamiento representa un avance significativo para mejorar el desempeño y la seguridad de los tripulantes en situaciones extremas. El uso de estas herramientas como sensores que evalúan la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV), dispositivos de seguimiento ocular y electroencefalogramas portátiles han permitido detectar de manera precisa y oportuna cuándo una persona está alcanzando su nivel cognitivo o fisiológico alto (Hebbar et al., 2023; Groner y Kasneci, 2021).

En ese sentido, estas evaluaciones no solo van a ayudar a identificar momentos de saturación mental, sino también pueden ofrecer la oportunidad de ajustar las cargas de capacitación de forma personalizada. Díaz-Pérez y Trujillo-Torres (2023) destacaron que este tipo de evaluación va facilitar la prevención precoz de quienes necesitan acciones específicas para fortalecer su resiliencia psicocognitiva, que es muy valioso en ambientes subacuáticos donde el estrés y la presión física son muy elevados.

Sin embargo, el uso en la práctica de estos dispositivos enfrenta obstáculos importantes. Las condiciones de alta humedad, presión y temperatura propias del agua dificultan la fiabilidad y durabilidad de los sensores, limitando su uso continuo y efectivo. Por tal razón, la innovación tecnológica en este campo es necesario que pueda desarrollar equipos más resistentes y adaptados a estas condiciones extremas.

Además, Cabrera (1999) indico que aplicar la psicología al buceo ha permitido demostrar que el rendimiento bajo el agua está condicionado no solo por factores físicos,

sino también por variables psicológicas como la ansiedad y el estrés, que pueden afectar hasta en un 37 % las capacidades intelectuales y psicomotoras del buzo. Por tal motivo, el entrenamiento debe aportar no solo aspectos técnicos, sino también estrategias que permitan mejorar el autocontrol emocional, la comunicación efectiva y la gestión del estrés, elementos que permiten prevenir reacciones de pánico y mejorar la seguridad en inmersiones reales.

En general, hablar de la evaluación psicofisiológica integrada con la formación técnica y psicológica ofrece una oportunidad para mejorar el entrenamiento de evacuación subacuática, aumentando la probabilidad de éxito y supervivencia.

Carga Física Concurrente y su Influencia en el Rendimiento Psicocognitivo

El ditching presenta simultáneamente una alta carga cognitiva y una considerable exigencia física. Nadar contra corriente, manipular dispositivos de flotación y orientarse bajo el agua, todo mientras se toman decisiones rápidas, constituye una demanda integrada que pueden superar los límites de tolerancia fisiológica.

Cheng et al. (2024) demostraron que combinar carga física y cognitiva pueden provocar una disminución rápida de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y un incremento en los errores de participación. Mientras que, Hormeño - Holgado et al. (2020) han observado que el entrenamiento subacuático conlleva a adaptaciones específicas, permitiendo mejorar así la respuesta fisiológica al estrés físico sostenido.

Por lo tanto, un entrenamiento efectivo para sobrevivir a un momento de ditching no solo requiere la automatización de técnicas, sino también necesita del fortalecimiento integral de la resistencia psicofisiológica, el cual se obtiene con entrenamientos realistas que simulen auténticamente las condiciones de exigencia física y mental del entorno acuático.

Casos de Estudio y Evidencias Aplicadas

Las estrategias psicofisiológicas propuestas mediante la evidencia empírica deben ser validas en la transición del entrenamiento técnico a la supervivencia real en eventos de ditching. Ras et al., (2024) indicaron que el entrenamiento de bomberos ofrece lecciones importantes, como el uso de ejercicios de alta intensidad que permita mejorar la resiliencia física y cognitiva. Se presentan casos relevantes y hallazgos de estudios recientes que avalan la importancia de integrar monitoreo fisiológico, adaptación al estrés y carga física realista en los programas de evacuación subacuática.

Predicción de Carga Cognitiva en Simulaciones Complejas

Verkennis et al. (2025) demostraron que, en los simuladores de vuelo virtual, las variables fisiológicas como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) y la dinámica pupilar permiten prevenir estados de sobrecarga mental previo a la aparición de errores críticos. Además, la NCSF (2023) indican que la supervisión médica durante estas simulaciones determina que los estímulos de sobresalto sean más seguros y aceptables éticamente. Este reporte es aplicable a simuladores de ditching, donde la identificación

temprana del deterioro cognitivo podría orientar a intervenciones adaptativas para evitar fallos operativos.

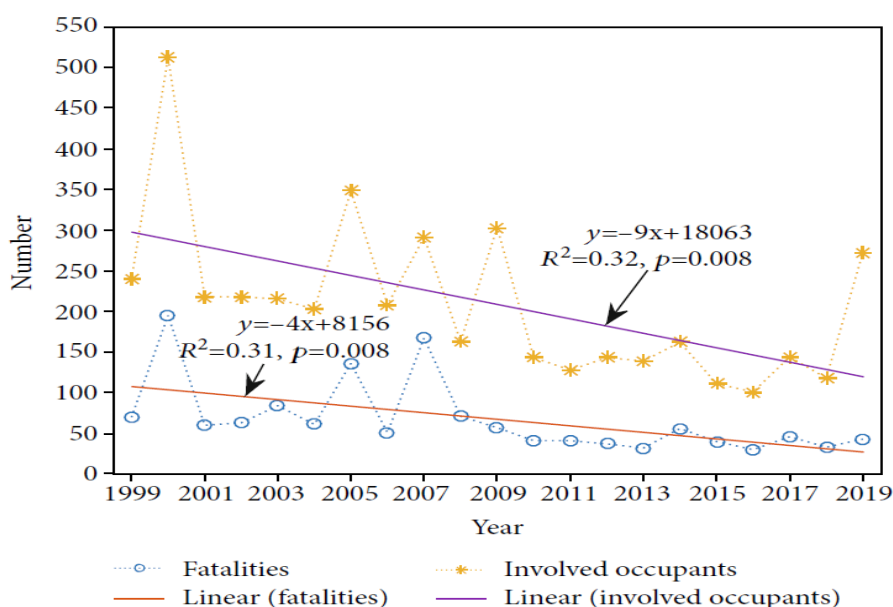
Esto difiere a lo reportado por, García y Pérez (2020) quienes evidenciaron que el incremento de la carga cognitiva en simuladores está relacionado directamente con el aumento de errores de navegación y desorientación espacial, fenómenos de alto riesgo en el contexto subacuático.

Impacto del Sobresalto y la Sorpresa en la Desorganización Operativa

Diarra et al. (2023) subrayan que el sobresalto y la sorpresa son responsables de interrupciones motoras y bloqueos cognitivos que comprometen la efectividad de las maniobras de emergencia. En escenarios de ditching, la exposición súbita a estímulos como la irrupción de agua o el fallo inesperado de dispositivos puede inducir reacciones reflejas descoordinadas.

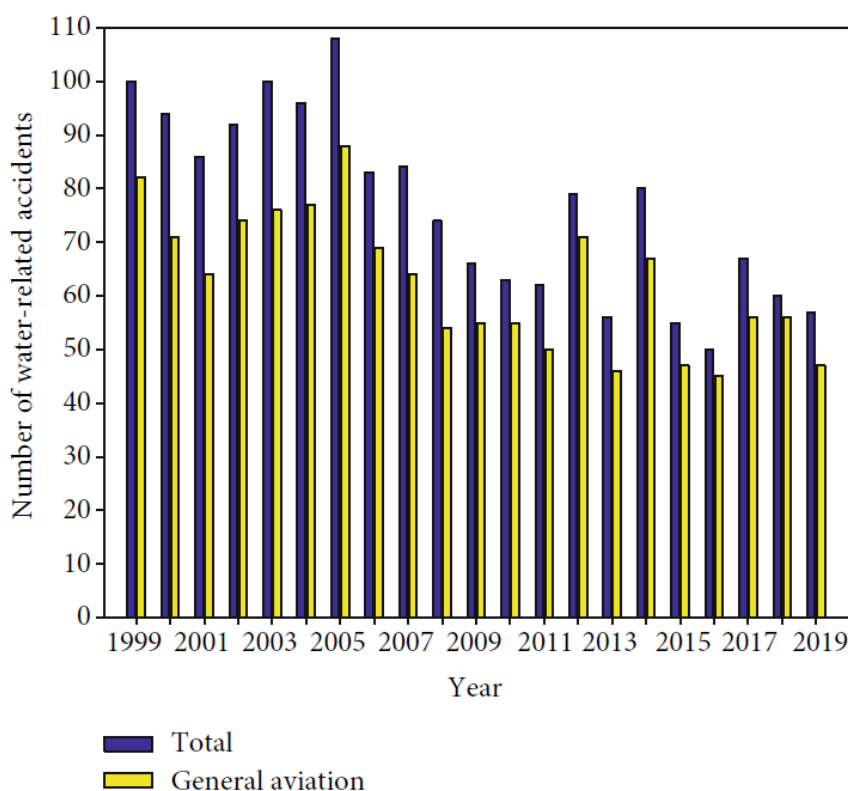
De forma complementaria, el informe de la National Transportation Safety Board (2010) sobre el accidente del Vuelo 1549 en el río Hudson ilustra cómo la capacidad de los tripulantes para gestionar el sobresalto inicial fue determinante en la evacuación exitosa de la aeronave. Este caso real refuerza la necesidad de incorporar entrenamiento de sobresalto controlado en escenarios subacuáticos.

Figura 2. Fatalidades y ocupantes involucrados en accidentes relacionados con agua desde 1999 al 2019.



Fuente: NTSB National Transportation Safety Board (2010).

Figura 3. *Fatalidades y ocupantes involucrados en accidentes relacionados con agua, comparando el total de accidentes vs. aviación general desde 1999 al 2019.*



Fuente: NTSB National Transportation Safety Board (s.f)

Evaluación Psicofisiológica y Personalización del Entrenamiento

Hebbar et al. (2023) y Groner & Kasneci (2021) han confirmado que las lecturas obtenidas del eye - tracking, como los patrones de fijación y la variación pupilar, son muy sensibles para detectar saturación cognitiva incipiente en entornos simulados.

Asimismo, Díaz-Pérez y Trujillo-Torres (2023) señalaron que la evaluación psicofisiológica permite personalizar el incremento de las cargas de entrenamiento, adaptándola al límite individual de resiliencia de cada participante, una estrategia muy esencial para el entrenamiento en ditching donde los recursos cognitivos y físicos se agotan rápidamente.

Influencia de la Carga Física en la Degradación Cognitiva

Cheng et al. (2024) demostraron que la ejecución de tareas cognitivas bajo condiciones de esfuerzo físico moderado a alto provoca un descenso acelerado de la HRV y un deterioro significativo del desempeño motor. Este fenómeno es particularmente

relevante en entrenamientos de evacuación subacuática, donde las condiciones ambientales incrementan la fatiga.

De manera similar, Hormeño-Holgado et al. (2020) evidenciaron que los participantes sometidos a entrenamientos subacuáticos de alta intensidad desarrollan adaptaciones autonómicas que les permiten gestionar de manera más eficiente el estrés físico sostenido, incrementando su resiliencia psicofisiológica.

Finalmente, el análisis de incidentes de ditching de helicópteros realizado por Helicopter Ditching Incident Analysis (2022) examinó accidentes que requirieron este tipo de maniobra. El estudio identificó que la resistencia física previa y la capacidad de recuperación emocional fueron factores clave que diferenciaron a los sobrevivientes de aquellos que no lo lograron. Esto respalda la necesidad de incluir entrenamientos físicos realistas en los programas de egreso subacuático.

ANÁLISIS CRÍTICO

El análisis crítico de las variables psicofisiológicas implicadas en el entrenamiento de evacuación subacuática demuestra que la supervivencia en eventos reales de ditching depende de mucho más que el dominio de procedimientos técnicos. La diversidad cultural de las tripulaciones requiere módulos de entrenamiento que aborden diferencias en la gestión del estrés, como talleres de comunicación intercultural (Jensen & Oldenburg, 2020). Factores como la carga cognitiva, el estrés agudo, el sobresalto inesperado y la carga física concurrente surgen como variables que pueden comprometer o potenciar la actitud bajo presión extrema.

La evidencia analizada indica que implementar tecnologías de monitoreo psicofisiológico, como el HRV, el eye-tracking y la EEG portátil, no solo permite detectar de manera anticipada el deterioro cognitivo y emocional, sino que también puede habilitar intervenciones adaptativas en tiempo real (Hebbar et al., 2023; Groner & Kasneci, 2021; Verkennis et al., 2025). Los avances en sensores subacuáticos, como los sistemas de posicionamiento acústico, superan limitaciones previas de impermeabilización, lo que facilita su uso en simuladores (Sun et al., 2021). Además, se debe tener en cuenta las consideraciones éticas, como el consentimiento informado y la supervisión médica, ya que son esenciales para garantizar la seguridad de los participantes (NCSF, 2023). Por lo contrario, su aplicación de forma sistemática en simuladores subacuáticos aún enfrenta desafíos técnicos relacionados con la impermeabilización de dispositivos y la estandarización de protocolos de interpretación.

Asimismo, el factor del sobresalto y la sorpresa, muy bien documentado por Diarra et al. (2023) y evidenciado en casos reales como el incidente del Vuelo 1549 (National Transportation Safety Board, 2010), destaca la necesidad primordial de incluir módulos de sobresalto controlado en los programas de entrenamiento de ditching. Su ausencia podría limitar severamente la capacidad de los participantes para mantener la secuencia operativa bajo condiciones de estrés disruptivo.

Otro aspecto importante que se ha identificado es la interacción entre carga física y carga cognitiva. Estudios recientes (Cheng et al., 2024; Hormeño-Holgado et al., 2020) han evidenciado que el esfuerzo físico intenso disminuye rápidamente la función cognitiva, reduciendo la capacidad de toma de decisiones y la precisión motora. Esta interacción propone que los entrenamientos que omiten replicar las condiciones físicas reales del ditching corren el riesgo de no tener una preparación completa, basada en una falsa sensación de competencia.

Por tanto, resulta imperativo reconfigurar conceptualmente el entrenamiento de evacuación subacuática hacia un modelo integrador que contemple simultáneamente:

- La instrucción técnica rigurosa
- La gestión estratégica de estados psicofisiológicos críticos
- La exposición progresiva al sobresalto y al estrés ambiental realista Y la resistencia física como componente central de la supervivencia.

Propuestas concretas incluyen la integración de sensores biométricos durante las prácticas, el diseño de escenarios que simulen fallos inesperados bajo condiciones físicas exigentes, y el entrenamiento sistemático en técnicas de autorregulación emocional y control respiratorio.

Al considerar estas estrategias, no solo mejoran la eficiencia de los programas de formación, sino que optimizan la eficacia de la capacidad real de supervivencia de los tripulantes frente a eventos de ditching, dirigiendo la preparación operativa con las demandas extremas del entorno acuático real.

Proyección institucional: simulador de escape subacuático y entrenamiento especializado

En el contexto de la preparación psicofisiológica para situaciones de emergencia en entornos acuáticos, la Escuela de Aviación Policial de la Policía Nacional de Colombia ha considerado la posibilidad de desarrollar un centro especializado de entrenamiento para escape subacuático (Underwater Egress Training, UET). Aunque aún no se han asignado los recursos específicos ni se ha iniciado formalmente la ejecución del proyecto, se han adelantado estudios técnicos y consultas preliminares con el objetivo de evaluar la viabilidad del diseño, construcción y operación de un simulador de cabina sumergible tipo ditching.

Esta iniciativa responde a la necesidad estratégica de fortalecer las capacidades de supervivencia en tripulaciones aéreas propias y de otras fuerzas, nacionales e internacionales. El proyecto contempla la implementación de una infraestructura que permitiría reproducir condiciones ambientales adversas (olas, lluvia, viento, iluminación reducida, entre otros), combinadas con un entorno controlado que facilite un entrenamiento de alta fidelidad tanto a nivel físico como psicológico. Esta propuesta, que sigue lineamientos regulatorios establecidos por la Aeronáutica Civil en relación con la formación de pilotos en escenarios de emergencia, se alinea con las tendencias internacionales en

entrenamiento de supervivencia en medios acuáticos.

La concepción del simulador prevé incorporar una piscina de dimensiones estandarizadas, plataformas de salto y una cabina móvil invertible montada sobre un sistema de grúa y riel, con capacidad para representar diferentes configuraciones de aeronaves empleadas por la institución. Esta solución permitiría no solo una inmersión física, sino también un entrenamiento que incluye componentes emocionales, como la gestión del miedo, el estrés y la desorientación espacial en condiciones reales simuladas.

Figura 4. *Simulador de escape de cabina para aviación naval en Colombia*



Fuente: National Transportation Safety Board (2010).

CONCLUSIONES

Al evaluar las variables psicofisiológicas que intervienen en el entrenamiento de evacuación subacuática, nos permite asegurar que la supervivencia en situaciones reales de ditching va depende de un equilibrio preciso entre la fusión de técnica en maniobras y la gestión efectiva de estados internos críticos. Asimismo, los factores como la carga cognitiva, el estrés agudo, los sobresaltos inesperados y la demanda física simultánea que afecta de manera negativa el desempeño operativo, también pueden determinar cuáles son los límites de resiliencia funcional de una persona en situaciones extremas. Por eso, es importante que se tenga en cuenta la diversidad cultural de las tripulaciones y generar enfoques personalizados que cambien la cohesión y la comunicación en equipos multiculturales.

Las investigaciones evaluadas nos indican que combinar las tecnologías de monitoreo psicofisiológico, la exposición controlada a estímulos de sobresalto y las cargas físicas realistas en los entrenamientos de ditching puede ser muy eficaces en la preparación a los tripulantes de manera integral. Estos avances en sensores subacuáticos, como los sistemas de posicionamiento acústico, permiten un monitoreo en tiempo real, mientras que las lecciones aprendidas como el entrenamiento de bomberos y el buceo profesional permiten enriquecen las prácticas de preparación física y cognitiva. También es importante seguir los protocolos éticos, que incluyan el consentimiento informado y la supervisión médica, para asegurar la seguridad de los participantes.

Sin embargo, aún hay vacío en la investigación, principalmente en la adaptación de dispositivos de medición a entornos acuáticos y en la estandarización de protocolos de entrenamiento psicofisiológico en simuladores subacuáticos. Estos vacíos resaltan la necesidad de crear actividades que integren factores de diversidad cultural y de validar simuladores híbridos. Por eso, se crean nuevas líneas de investigación que desarrollen modelos híbridos de simulación que permitan reproducirse de manera realista y simultánea las demandas físicas, cognitivas, emocionales y culturales de un evento real de ditching.

En resumen, para que el adiestramiento sea efectivo y se refleje en supervivencia, se necesita un enfoque sistémico que valide la complejidad del desafío. Mejorar las estrategias psicofisiológicas no solo hará que los programas de evacuación subacuática sean más eficientes, sino que también incrementará significativamente las probabilidades de supervivencia en situaciones de emergencia acuática extrema.

REFERENCIAS

- Cabrera-Daniel, P. (1999). La psicología aplicada al buceo. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 28(2), 120–134. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65571999000200007
- Cheng, J., Dai, F., Zhou, X., & Sun, J. (2024). Effects of physical load on heart rate variability during cognitive tasks: An evaluation in flight simulators. *Frontiers in Physiology*, 15, 603682276. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.603682276>
- Clemente-Suárez, V. J., Fuentes-García, J. P., de la Vega, R., & Martínez-Patiño, M. J. (2022). Psychophysiological response and performance of pilots in training: A psychophysiological profile analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1234. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031234>
- Diarra, S., Rialet, M., Palazzolo, E., Pottier, P., Chauvin, C., & Dehais, F.

- (2023). Acute stress, startle and surprise effects on pilots: A narrative review. *Frontiers in Global Women's Health*, 4, 1059476. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2023.1059476>
- Díaz-Pérez, M., & Trujillo-Torres, J. M. (2023). Simulation-based training for underwater escape: A review of effectiveness. *Revista de Psicología Aplicada a la Aviación*, 9(1), 22–34
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2022). Salud mental en personal aeronáutico: Diagnóstico y estrategias de intervención. Gobierno de Chile
- García, R., & Pérez, L. (2020). Cognitive workload and physiological response during flight simulations. In A. Smith (Ed.), *Advances in Aviation Psychology* (pp. 245–262). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-12345-6_15
- Groner, R., & Kasneci, E. (2021). Eye movements in real and simulated driving and navigation control. *Journal of Eye Movement Research*, 12(3), Article 0. DOI: <https://doi.org/10.16910/jemr.12.3.0>
- Hebbar, P., Srinivasan, V., & Raju, R. (2023). Cognitive load estimation in a virtual reality flight simulator using EEG and eye-tracking. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 581033337. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.581033337>
- Helicopter Ditching Incident Analysis. (2022). Contributing factors and outcomes. *Journal of Engineering Science and Technology*, 17(2), 75–89.
- Hormeño-Holgado, A. J., Clemente-Suárez, V. J., & Jiménez, M. (2020). Adaptations of autonomic modulation in underwater evacuation training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8123. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17218123>
- Jensen, H.-J., & Oldenburg, M. (2020). Training seafarers to deal with multicultural crew members and stress on board. *International Maritime Health*, 71(3), 174–180. DOI: <https://doi.org/10.5603/IMH.2020.0031>
- Medalideta Cruz, J., & Velasco Díaz, C. (2016). Incidencia de los trastornos mentales en los profesionales de la aeronáutica civil y militar (1983–2014). Un estudio descriptivo y consideraciones preventivas sobre la seguridad aérea. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 62(242), 15–24. Recuperado de <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v62n242/original2.pdf>

- National Transportation Safety Board. (2010). Loss of thrust in both engines after encountering a flock of birds and subsequent ditching on the Hudson River. Accident Report NTSB/AAR-10/03. Recuperado de <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1003.pdf>
- Ras, J., Soteriades, E. S., Smith, D. L., Kengne, A. P., & Leach, L. (2024). Evaluation of the relationship between occupational-specific task performance and measures of physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health in firefighters. *BMC Public Health*, 24(1), 20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17487-6>
- Smith, J., & Johnson, P. (2023). Environmental stressors and cognitive performance in aviation. *Biology*, 12(1), 45. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology12010045>
- Sun, K., Cui, W., & Chen, C. (2021). Review of underwater sensing technologies and applications. *Sensors*, 21(23), 7849. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21237849>
- Thompson, R. S., & Nguyen, T. (2021). Acute stress and decision-making performance under pressure: Insights from astronaut training. NASA Technical Reports Server.
- Verkennis, S., Braem, S., & Markey, A. (2025). Predicting workload in virtual flight simulations using machine learning and physiological signals. arXiv preprint, 2412.12428v2. Recuperado de <https://arxiv.org/abs/2412.12428>
- Viera-Bravo, D. F., Díaz-Tamayo, A. M., & García-Perdomo, H. A. (2024). Síntomas reveladores de la presencia de reacciones de estrés en personal de primera respuesta a emergencias en Cali, Colombia. *Psicología desde el Caribe*, 41(3), [s. p]. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-417X2024000300004&lng=en&tlng=
- Zhou, X., Dai, F., Cheng, J., & Sun, J. (2024). Pilot turning behavior cognitive load analysis based on heart rate variability. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1450416. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1450416>