

Análisis del rendimiento de estudiantes militares en pruebas acuáticas usando k-means y árbol de decisión

Analysis of Military Students' Performance in Aquatic Tests Using K-means and Decision Trees

Análise de Desempenho de Alunos Militares em Provas Aquáticas Usando K-means e Árvores de Decisão

Angélica María Romero Parra¹

Carlos Julio Pulido Sánchez²

Alexander Arenas Gutiérrez³

John Fabio Aguilar Sánchez⁴

Cyndi Julieth Ospina Garcia⁵

María Isabel Romero Rodríguez⁶

¹ Magíster en Educación y Docencia. Profesora en el programa de Tecnología en Entrenamiento y Gestión Militar de la Escuela Militar de Suboficiales «Sargento Inocencio Chincá», Colombia. Correo electrónico: angelicaromeroparra84@cedoc.edu.co

ORCID: 0000-0003-2725-9787

² Especialista en Pedagogía y Docencia. Profesor en el programa de Tecnología en Gestión Pública de la Escuela Militar de Suboficiales «Sargento Inocencio Chincá», Colombia. Correo electrónico: pulidosanchez@cedoc.edu.co

ORCID: 0009-0004-5835-4423

³ Administrador de Empresas. Asesor de proyectos, diseñador de programas y herramientas de control y manejo de la información, Piscícola Botero, Colombia. Correo electrónico: aarenas1971@hotmail.com

ORCID: 0009-0002-9240-4995



- ⁴ Magíster en Astronomía. Miembro del grupo de investigación PACMAN (Prospectiva Académica y Ciencias Multidisciplinarias Aplicadas a la Neotecnología), línea en ciencia de datos, astronomía, matemáticas. Profesor en la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Correo electrónico: john.aguilar@unimilitar.edu.co
ORCID: 0000-0002-4752-2784
- ⁵ Magíster en Ciencias Económicas. Miembro del grupo de investigación PACMAN (Prospectiva Académica y Ciencias Multidisciplinarias Aplicadas a la Neotecnología), línea en estadística, economía, educación. Profesora en la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Correo electrónico: cyndi.ospina@unimilitar.edu.co
ORCID: 0000-0003-3375-475X
- ⁶ Doctora en Matemáticas. Profesora en la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Correo electrónico: maria.romeror@unimilitar.edu.co
ORCID: 0000-0003-2133-6251

Cómo referenciar

Romero Parra, A. M., Pulido Sánchez, C. J., Arenas Gutiérrez, A., Aguilar Sánchez, J. F., Ospina García, C. J., y Romero Rodríguez, M. I. (2024). Análisis del rendimiento de estudiantes militares en pruebas acuáticas usando k-means y árbol de decisión. *Educación Física y Deporte*, 43(2), 71-102.
<https://doi.org/10.17533/udea.efyd.e359983>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue presentar una clasificación de las variables que influyen en la evaluación de las pruebas físicas acuáticas de 625 estudiantes (537 hombres y 88 mujeres) que completaron el módulo de natación del programa de Tecnología en Entrenamiento y Gestión Militar de la Escuela Militar de Suboficiales «Sargento Inocencio Chincá». La clasificación se realizó mediante métodos de análisis de datos supervisados y no supervisados. La evaluación se llevó a cabo en tres momentos distintos e incluyó tres pruebas: apnea estática, apnea dinámica y nado de 100 metros estilo crol. La clasificación permitió predecir el comportamiento del rendimiento en el nivel final del módulo, a partir de los porcentajes obtenidos en las pruebas del nivel 1. La implementación de estos algoritmos de clasificación permitió identificar patrones de rendimiento en los grupos sugeridos y desarrollar herramientas para diseñar estrategias de entrenamiento para futuros estudiantes.

PALABRAS CLAVE: algoritmos de clasificación, métodos supervisados, métodos no supervisados, natación militar, rendimiento estudiantil, rendimiento físico en agua.

ABSTRACT

This study aimed to categorize the factors influencing the evaluation of aquatic physical tests among 625 students (537 men and 88 women) who completed the swimming portion of the Military Management and Training Technology program at a military academy in Colombia. Supervised and unsupervised data analysis methods were employed for classification purposes. Evaluations were carried out at three different times and included three tests: static apnea, dynamic apnea, and a 100-meter front crawl. Classification allowed us to predict final module performance based on percentages obtained in Level 1 tests.

These algorithms enabled us to identify performance patterns within groups and develop training strategy tools for future students.

KEYWORDS: classification algorithms, supervised methods, unsupervised methods, military swimming, student performance, physical performance in water.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo categorizar os fatores que influenciam a avaliação dos testes físicos aquáticos realizados por 625 alunos (537 homens e 88 mulheres) que concluíram a componente de natação do programa de Gestão Militar e Tecnologia de Treino numa escola militar na Colômbia. Para efeitos de classificação, foram utilizados métodos de análise de dados supervisionados e não supervisionados. As avaliações foram realizadas em três momentos distintos e incluíram três testes: apneia estática, apneia dinâmica e 100 metros de nado crawl. A classificação permitiu prever o desempenho final do módulo com base nas percentagens obtidas nos testes do Nível 1. Estes algoritmos permitiram identificar padrões de desempenho dentro dos grupos e desenvolver estratégias de treino para futuros alunos.

PALAVRAS-CHAVE: algoritmos de classificação, métodos supervisionados, métodos não supervisionados, natação militar, desempenho dos alunos, desempenho físico na água.

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento deportivo ha adquirido una relevancia significativa en la vida cotidiana, no solo por sus beneficios para la salud física, sino también porque es un componente clave para mejorar el rendimiento en actividades específicas, como la formación militar. En este contexto, la natación ocupa un lugar destacado debido a su aplicabilidad en situaciones de emergencia, operaciones de rescate y evacuación. Además, aporta beneficios físicos y psicológicos esenciales.

Stemm y Jacobson (2007) destacan que el entrenamiento acuático mejora la resistencia cardiovascular y muscular sin el riesgo de lesiones típicas asociado al entrenamiento terrestre. Además, Becker (2009) señala que la flotabilidad del agua reduce significativamente la carga sobre la columna vertebral y las extremidades inferiores, por lo que la natación es una opción óptima para la recuperación y el acondicionamiento físico sostenido.

Esto se debe a que la natación, al requerir control respiratorio, resistencia y capacidad de reacción, puede ser una herramienta eficaz para que los soldados aprendan a mantener la calma y a actuar con eficacia en situaciones de alta presión (Ministerio de Defensa Nacional, 2021a). Por su parte, Nindl et al., (2013) concluyen que la natación es especialmente importante para los soldados de más edad o en proceso de rehabilitación, ya que permite mantener un alto nivel de capacidad física sin poner en riesgo la integridad musculoesquelética.

La natación contribuye a formar personas con mayor idoneidad para cumplir las capacidades formuladas en los niveles estratégicos de las Fuerzas Armadas. Como lo mencionan Szivak y Kraemer (2015), «Las personas en buena forma física no solo se benefician de un mejor desempeño en la misión, sino que también son más resistentes a los factores estresantes operativos a los que se enfrentan durante el combate» (p. 1).

En el entrenamiento militar, las habilidades de natación son fundamentales, ya que están directamente relacionadas con el rendimiento físico general, la preparación para situaciones operacionales en entornos acuáticos y la seguridad del personal. Diversos estudios han demostrado que los programas específicos de natación en contextos militares mejoran significativamente el rendimiento y la resistencia en pruebas acuáticas. Por ejemplo, Kostoulas et al. (2019) evidenciaron mejoras en los tiempos de nado tras un programa de natación de combate con equipo completo, lo que demuestra que el entrenamiento especializado potencia el rendimiento físico bajo condiciones exigentes.

De manera complementaria, Needham-Beck et al. (2024) desarrollaron una prueba de tarea militar representativa en el ejército británico para evaluar la competencia acuática y descubrieron que la mayoría del personal la superaba con éxito tras la preparación adecuada, mediante el ajuste de las rutinas a las especificidades que este ejército requiere para estos grupos. Asimismo, Martinescu-Bădălan (2019) destaca que los entrenamientos centrados en la técnica de nado libre permiten a los cadetes mejorar su resistencia muscular y cardiovascular, aspectos clave para cumplir los estándares militares.

A diferencia de otras actividades físicas del entrenamiento militar, la natación es una disciplina de bajo impacto (Plaza Escandón y Acosta Reyes, 2023), que permite a los soldados mantener su condición física sin someter sus articulaciones a altos niveles de estrés (Nindl y Sharp, 2015). Esta disciplina también preserva la integridad física y la capacidad operativa de los soldados (Kyröläinen et al., 2018) y no solo esto, sino también fomenta habilidades como el trabajo en equipo y el liderazgo (García Roque y Chagua Ríos, 2021). Un enfoque integral del acondicionamiento físico que incluya la natación optimiza el rendimiento militar y garantiza la preparación continua de las tropas.

En España, ya se mencionaba la importancia de establecer escuelas de natación para los militares en 1860 debido a su relevancia en la carrera militar (Torrebadella-Flix, 2023). Otros estudios han abordado la importancia de optimizar el entrenamiento en natación en el ámbito militar y han sugerido líneas de acción que pueden contribuir significativamente a la formación de los soldados.

Los estudios comparativos entre las técnicas de natación utilizadas por distintas unidades militares permiten identificar variaciones técnicas que inciden directamente en la velocidad, la resistencia y la eficiencia durante tareas específicas. Este tipo de análisis da información clave para perfeccionar los programas de entrenamiento acuático (Franco-Árcega et al., 2021).

En esta línea, estudios como el de Szivak y Kraemer (2015) destacan la importancia de una preparación física adaptativa y personalizada. Esta estrategia permite maximizar el rendimiento tanto a nivel individual como colectivo y optimizar la preparación física y funcional para operaciones reales (Santtila et al., 2015).

De igual manera, para garantizar el mantenimiento de las habilidades acuáticas esenciales y la preparación frente a cualquier eventualidad, es necesario establecer una formación continua a lo largo de la carrera militar e implementar evaluaciones periódicas y ajustes constantes a los programas de natación (Chavarría-Calderón, 2024). Dada la naturaleza impredecible del contexto militar, un enfoque adaptativo garantiza que los soldados estén preparados para enfrentarse a diversas circunstancias en terrenos acuáticos, lo que resulta útil ante la eventualidad de enfrentar contingencias tanto domésticas como internacionales.

Asimismo, se ha propuesto el desarrollo de programas de entrenamiento modernizados que integren métodos contemporáneos, como el entrenamiento cruzado y el uso de simuladores acuáticos. Estas tecnologías, ampliamente utilizadas en otros deportes de alto rendimiento, pueden facilitar el aprendizaje y el perfeccionamiento de técnicas específicas y adaptarse con éxito al contexto militar (Franco-Árcega et al., 2021).

Estas investigaciones respaldan la importancia del entrenamiento específico en rescate acuático, ya que permite reducir el tiempo de respuesta y aumentar significativamente las posibilidades de salvar vidas (Medina-Hoyos et al., 2020). Estos aspectos son especialmente relevantes en un país como Colombia, donde las condiciones climáticas y geográficas pueden provocar desastres naturales repentinos.

La óptima condición física de los suboficiales del Ejército de Colombia es fundamental para cumplir con las demandas de defensa y rescate en escenarios hostiles, tanto en tierra como en el agua. Dado que la geografía del país cuenta con abundantes recursos hídricos en gran parte de su territorio, se favorecen las operaciones militares acuáticas por razones de seguridad y para atender emergencias naturales o humanitarias (Ministerio de Defensa Nacional, 2021a; Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD], 2025). Por esta razón, la habilidad para nadar no es solo una competencia deseable, sino una destreza necesaria de supervivencia personal y para asistir a compañeros y civiles en entornos acuáticos (Perdomo-Becerra et al., 2023).

En el contexto actual y futuro de la defensa nacional, se espera que las Fuerzas Armadas mantengan sus capacidades operativas para responder a eventuales crisis domésticas en zonas de conflicto y a posibles enfrentamientos. Aunque se aspira a una paz duradera al final del posconflicto, la necesidad de estar preparados para responder ante contingencias y emergencias en cualquier momento sigue vigente para mantener actualizadas las capacidades de movilidad táctica, atención de desastres y control del espacio marítimo y fluvial (Guerrero López, 2019). Por tanto, el entrenamiento en natación debe considerarse una habilidad permanente y esencial para la preparación militar, ya que permite a los soldados operar en terrenos variados, incluidos los entornos acuáticos que puedan surgir en la defensa del país.

A pesar de la relevancia de esta habilidad en el entrenamiento militar, aún existe un vacío considerable en el estudio específico de la natación como parte fundamental de la formación de las tropas.

Coral Apolo et al. (2017) señalan que los deportes militares aún no han sido estudiados sistemáticamente, lo que pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo investigaciones específicas que permitan comprender y optimizar el rendimiento en la natación. Asimismo, destacan que es esencial analizar las diferencias biomecánicas entre los deportistas militares principiantes y de alto rendimiento, particularmente en la natación utilitaria, que resulta crítica para muchas de las operaciones militares. Los estudiantes que desarrollen resiliencia a partir del entrenamiento podrán afrontar mejor las exigencias físicas y mentales de la profesión militar. A medida que asciendan en la institución, serán más eficientes en la misión y conservarán los factores de bienestar en salud (Szivak y Kraemer, 2015).

Importancia de la natación en el entrenamiento militar

La Política de Educación de la Fuerza Pública (PEFuP) resalta la necesidad de llevar a cabo procesos continuos de formación, entrenamiento y reentrenamiento para optimizar las habilidades y los conocimientos del personal militar (Ministerio de Defensa Nacional, 2021b). Dentro de esta política, los ciclos de operaciones, descanso y entrenamiento (CODE) son fundamentales para mantener la condición física de los militares mediante un enfoque de entrenamiento riguroso y sistemático (Ejército Nacional de Colombia, 2017).

En el marco de esta política, la Escuela Militar de Suboficiales (EMSUB) forma a los futuros cabos terceros y otorga el título de «Tecnólogo en Entrenamiento y Gestión Militar.» a los estudiantes que hayan cumplido con los requisitos académicos. Este proceso formativo, que abarca cuatro semestres, se estructura en diversas áreas, incluyendo formación básica, profesional —general y

específica—, así como áreas socio humanísticas e investigativas (Escuela Militar de Suboficiales Sargento Inocencio Chincá, s. f.).

La natación es uno de los módulos de dicha tecnología y consta de tres niveles: 1) natación, 2) natación utilitaria, y 3) supervivencia en el agua. Para superar el módulo de natación hay que obtener 3 créditos académicos, uno por cada nivel. En cada uno de ellos, el estudiante debe realizar 16 horas de trabajo presencial (con acompañamiento del instructor) y 32 horas de trabajo independiente. En cada nivel se realiza una evaluación física en el agua que consta de tres ejercicios: apnea estática, apnea dinámica y 100 metros estilo crol (Escuela Militar de Suboficiales Sargento Inocencio Chincá, s. f.).

Los lineamientos para el acondicionamiento físico del personal del Ejército Nacional, establecidos en la Directiva Permanente 111 de 2022 del Ministerio de Defensa Nacional, establece que el acondicionamiento físico del personal del Ejército Nacional, incluyen la evaluación de las pruebas físicas en agua.

En este documento, la apnea estática se define como un ejercicio que «consiste en mantenerse el máximo tiempo bajo el agua, contado a partir de la inmersión». En este caso, la calificación del 100 % corresponde a contener la respiración bajo el agua durante un minuto. La apnea dinámica consiste en «desplazarse bajo el agua la máxima distancia posible, contada a partir de la inmersión». Se obtiene una calificación del 100 % si se recorren 25 metros totalmente sumergido. Por último, en los 100 metros estilo crol, «con la cabeza sumergida o por fuera del agua... deberá desplazarse en línea recta [...], realizando el desplazamiento». Para obtener la calificación del 100 %, el desplazamiento debe realizarse en dos minutos.

Para aprobar cada nivel de natación, es necesario obtener un mínimo del 70 % en el promedio de los tres ejercicios, lo que equivale a 30 segundos de apnea estática, 18 metros de apnea dinámica y 2 minutos y 30 segundos de crol en 100 metros. Los promedios de las tres pruebas obtenidos en cada nivel del módulo

de natación (niveles 1, 2 y 3) corresponden, respectivamente, a los valores asociados a las directivas 1, 2 y 3. En el nivel 1 del módulo, se toman en cuenta las variables peso (kg), edad (años), estatura (m) y el cálculo del índice de masa corporal (IMC).

Identificar tempranamente las debilidades de los estudiantes (nivel 1) permite diseñar estrategias que fortalezcan sus competencias y aseguren su avance progresivo hacia los niveles posteriores (2 y 3) (Navarro, 2016). El módulo de natación es indispensable para tener una preparación sólida antes de iniciar el Curso Avanzado de Combate (CAC), que se realiza en cuarto semestre de la Tecnología. Este curso es un requisito para obtener el título y ascender a cabo tercero. La identificación temprana evita novedades académicas como la pérdida de la condición de estudiante o la deserción en el cuarto semestre, algo muy frecuente entre los estudiantes de educación superior (Ministerio de Educación Nacional, 2009; Tinto, 2012).

Dada la importancia de las alertas tempranas, se han buscado técnicas de aprendizaje automático (o *machine learning*) que permitan resaltar las características de los estudiantes con buen y bajo rendimiento, para sugerir aspectos en los que se podría dar un mayor acompañamiento y lograr mejorar el rendimiento en cada nivel de formación. Entre estas técnicas, implementaremos algoritmos de correlación de variables (correlación de Pearson) y de clasificación (k-means y árboles de decisión).

Mediante las matrices de correlación, es posible identificar qué variables, como el peso, la estatura, la edad, el IMC, el promedio de las directivas, la apnea estática 1, 2 y 3, la apnea dinámica 1, 2 y 3, el crol 1, 2 y 3, y las directivas 1, 2 y 3, tienen una mayor relación con el porcentaje mínimo de aprobación en cada nivel del módulo (James et al., 2023). Por otro lado, el uso de algoritmos como k-means facilita la agrupación de estudiantes con características similares en las variables (Hastie et al., 2013), lo que permite aplicar estrategias de acompañamiento diferenciadas.

Del mismo modo, modelos como el Decision Tree Regressor permiten predecir el rendimiento de los estudiantes en las directivas 2 y 3 en función de los resultados obtenidos en la directiva 1 (James et al., 2023). Esto favorece la creación de rutas de intervención personalizadas según la caracterización de los estudiantes, ya que «los programas de entrenamiento progresivos, con capacidad de adaptación de las cargas, conllevan mayores respuestas y menores riesgos de lesiones y sobrecarga» (Santtila et al., 2015, p.154).

El estudio del impacto del entrenamiento en natación en el rendimiento de los soldados en situaciones de alta presión o emergencia permite identificar cómo el módulo de natación de la EMSUB «Sargento Inocencio Chincá» fortalece la capacidad de los estudiantes para mantener la calma y actuar de manera eficaz bajo presión en el contexto militar en entornos acuáticos (Ministerio de Defensa Nacional, 2021b).

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue clasificar a los estudiantes en función de las variables demográficas (edad, estatura, peso e IMC) y de desempeño físico (resultados en apnea estática, apnea dinámica y 100 metros a crol) del módulo de natación del programa de formación de la EMSUB «Sargento Inocencio Chincá» en los distintos niveles formativos (1, 2 y 3), para identificar patrones de rendimiento y diseñar estrategias de entrenamiento.

METODOLOGÍA

Se diseñó un estudio de tipo cuantitativo. Para ello, se recolectaron datos una única vez en una tabla de Excel, la muestra fue de los 625 estudiantes de la Tecnología en Entrenamiento y Gestión Militar de la EMSUB que realizaron consecutivamente los tres niveles del módulo de natación: sexo biológico, estatura, peso y edad. Estos datos se tomaron en el nivel 1 del módulo.

Con los datos de estatura y peso, se calculó el índice de masa corporal (IMC). Además, en cada nivel y para cada estudiante, se registraron en la misma tabla los datos finales obtenidos en las pruebas de apnea estática, apnea dinámica y 100 metros estilo crol. De acuerdo con el resultado, se asignó el porcentaje obtenido en cada prueba, se calculó la media de estos valores y se obtuvo el porcentaje de cumplimiento según la directiva.

Para analizar el rendimiento de los estudiantes, se utilizó el lenguaje Python (versión 3.11, 2023). En primer lugar, se elaboró una tabla con estadísticos descriptivos que permitieran visualizar las principales características de los datos. A continuación, se identificaron diferencias entre las distribuciones de los datos de dos grupos, lo que sugirió que la revisión se realizara por sexo biológico (hombres y mujeres), lo que permitió una división descriptiva inicial, orientada a conocer las características generales y detectar variaciones entre géneros, como indican Franco-Árcega et al. (2021).

Con el fin de profundizar en las posibles relaciones entre las distintas variables, se generaron matrices de correlación de Pearson, que abarcan tanto las características demográficas como los resultados de las pruebas físicas en cada nivel de evaluación. Las variables incluidas en estas matrices fueron las siguientes: edad, estatura, peso, IMC, resultados en apnea estática-1, apnea dinámica-1, crol-1 (100 m libres-1), y directiva-1 en el primer nivel; apnea estática-2, apnea dinámica-2, crol-2 (100 m libres-2) y directiva-2 en el segundo nivel; y, por último, apnea estática-3, apnea dinámica-3, crol-3 (100 m libres-3) y directiva-3 en el tercer nivel.

El primer algoritmo de clasificación elegido fue el método de k-means (Jain y Dubes, 1988). El propósito de usar este algoritmo es agrupar las variables cuantitativas seleccionadas en grupos o clústeres que se caracterizan por estar más cerca de un punto de referencia llamado centroide. Este método estadístico no supervisado facilita la identificación de conglomerados de

estudiantes con patrones de rendimiento similares y contribuye así a una caracterización detallada de los niveles de desempeño (Franco-Árcega et al., 2021).

Por otro lado, para buscar factores de influencia en los resultados generales de los estudiantes al final de su proceso de entrenamiento en la directiva 3, se construyó un árbol de decisión (Decision Tree Regressor), un método supervisado que busca reconocer qué variables influyen en los resultados de la directiva 3. Estos árboles permiten identificar de manera eficiente los predictores más importantes del conjunto de datos. En esta clasificación, se hace una segmentación por nodos, de modo que los integrantes de cada uno de estos nodos tienen una característica o variable con una impureza o varianza reducida. En este estudio se ha utilizado el algoritmo DecisionTreeClassifier de la librería Scikit-learn (Pedregosa, 2011), que implementa un árbol de decisión para la clasificación supervisada.

Estos modelos son no paramétricos, lo que significa que no asumen una distribución específica de los datos. El árbol se construye mediante un proceso recursivo de división: se evalúan posibles puntos de corte en cada característica, se elige la mejor división según una medida de pureza (gini o entropía) y, a continuación, se generan las ramas izquierda y derecha. El procedimiento se repite en cada nodo hijo hasta que todos los ejemplos de un nodo pertenecen a la misma clase. Estos son los atributos para la segmentación.

La combinación de métodos estadísticos descriptivos, la técnica de agrupamiento k-means y el método Decision Tree Regressor respondió a la necesidad de realizar un análisis integral y específico de los datos. Cada técnica se seleccionó en función de su capacidad para abordar los objetivos planteados: el análisis descriptivo y de correlación permitió caracterizar la muestra y explorar las relaciones entre las variables, mientras que el algoritmo k-means y el método Decision Tree Regressor aportaron una perspectiva robusta para clasificar y explicar los resultados obtenidos, respectivamente.

Consideraciones éticas

La recolección de estos datos anonimizados se realizó siguiendo todos los protocolos indicados en la política de tratamiento de datos personales, de acuerdo con la Directiva Permanente n.º 3 de 2019 del Ministerio de Defensa Nacional. Los datos de este estudio se trataron conforme a los artículos 6e y 10e de la Ley Estatutaria 1581 de 2012.

RESULTADOS

Los valores que se muestran en la Tabla 1 nos permiten corroborar la importancia de separar los datos por sexo biológico, ya que evidencian las diferencias en los estadísticos descriptivos de cada una de las variables entre hombres y mujeres.

La media de la variable edad es de 20.1 para los hombres y de 19.9 años para las mujeres, con una desviación estándar de 1.8 años para ambos sexos. Su valor mediano es de 20 años para ambos sexos: la edad máxima es de 26 años para las mujeres y de 25 años para los hombres.

La estatura media es de 1.7 m para los hombres y 1.6 m para las mujeres, con la misma desviación estándar en ambos sexos (0.1 m). La estatura mínima es la misma para ambos sexos (1.5 m), y la estatura máxima registrada es de 2 m para los hombres.

En cuanto a la variable peso, se observa que el valor máximo es superior en hombres (108 kg) que en mujeres (88 kg). El peso medio es de 69 kg con una desviación estándar de 9, en el caso de los hombres y de 61 kg con una desviación estándar de 8 en el caso de las mujeres. El valor mediano es de 68 kg para hombres y de 60 kg para mujeres.

Tabla 1. Estadísticas separadas por sexo biológico

Variable	Estadístico	M	F
Edad (años)	N	537	88
	Mean	20.1	19.9
	Std	1.8	1.8
	Min	16	17
	25 %	19	18.8
	50 %	20	20
	75 %	22	21
	Max	25	26
Estatura (m)	Mean	1.7	1.6
	Std	0.1	0.1
	Min	1.5	1.5
	25 %	1.7	1.6
	50 %	1.7	1.6
	75 %	1.8	1.7
	Max	2.0	1.9
Peso (kg)	Mean	69	61
	Std	9	8
	Min	45	44
	25 %	64	55
	50 %	68	60
	75 %	75	65
	Max	108	88

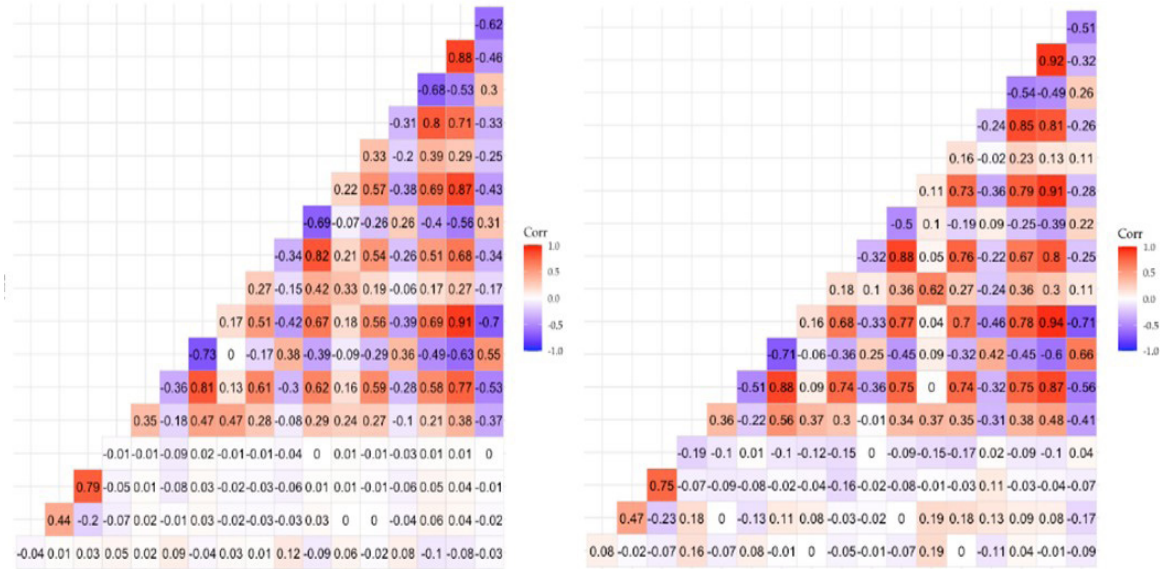
Nota. Tamaño (N), media (Mean), desviación estándar (Std), mínimo (Min.), primer cuartil Q1 (25 %), segundo cuartil Q2 (50 %), tercer cuartil Q3 (75 %), máximo (Max).

Fuente: elaboración propia.

En las matrices de correlación (Figura 1) se incluyeron las variables edad, estatura, peso, IMC, apnea estática-1, apnea dinámica-1, crol-1, directiva-1, apnea estática-2, apnea dinámica-2, crol-2, directiva-2, apnea estática-3, apnea dinámica-3, crol-3, directiva-3, promedio de directivas.

Las variables de apnea dinámica 1, 2 y 3 presentan una correlación positiva más fuerte con los porcentajes de cumplimiento de las directivas en cada nivel que las variables de apnea estática y crol 1, 2 y 3. Es decir, el desempeño físico del estudiante en el módulo de natación está más relacionado con la apnea dinámica que con la apnea estática y los 100 metros crol.

Figura 1. Matrices de correlación de pruebas de natación



Nota. Masculino a la izquierda, femenino a la derecha. El orden de las variables de arriba a abajo y de derecha a izquierda es: promedio directivas, directiva-3, crol-3, apnea dinámica-3, apnea estática-3, directiva-2, crol-2, apnea dinámica-2, apnea estática-2, directiva-1, crol-1, apnea dinámica-1, IMC, peso, estatura, edad.

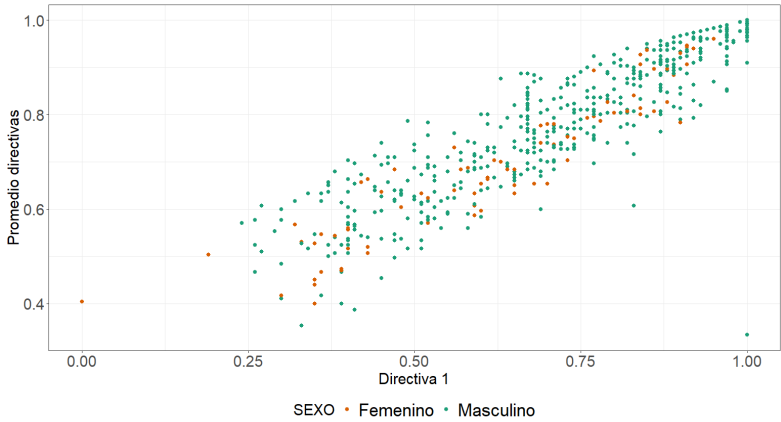
Fuente: elaboración propia.

Se observó que, en el caso de los hombres, la correlación entre las directivas es moderadamente fuerte (entre 0.67 y 0.69), por lo que un buen desempeño en una directiva predice moderadamente el éxito en las demás. Sin embargo, cabe la posibilidad de que haya variabilidad entre los valores de las directivas en algunos estudiantes. Aunque se dan valores altos para los hombres, respecto a las mujeres hay una progresión más dispersa, lo que puede implicar que algunos de ellos se enfrenten a más dificultades para avanzar entre las directivas.

En el caso de las mujeres, las correlaciones son mayores que en los hombres, por lo que hay una mayor consistencia en el rendimiento entre las directivas. Esto significa que, si obtienen buenos resultados en una de ellas, tienden a rendir también en las demás con mayor incidencia que los hombres. El promedio general de las mujeres está altamente influenciado de forma equilibrada por todas las directivas.

El mayor índice de correlación, tanto para hombres como para mujeres, se encuentra entre la directiva 1 y la media de las directivas, con valores de 0.91 y 0.94 respectivamente, lo que sugiere que los resultados obtenidos en la directiva 1 tienen una alta influencia en la obtención de los resultados medios de las directivas. Esto se muestra en el diagrama de dispersión (Figura 2), en el que el eje horizontal representa el porcentaje obtenido en la directiva 1 y el eje vertical, el porcentaje obtenido en el promedio de las directivas. Los datos más dispersos se observan para valores de cumplimiento de la directiva 1 inferiores al 50 % (en ambos sexos). Se observa una menor dispersión de los datos en el caso de las mujeres que en el de los hombres.

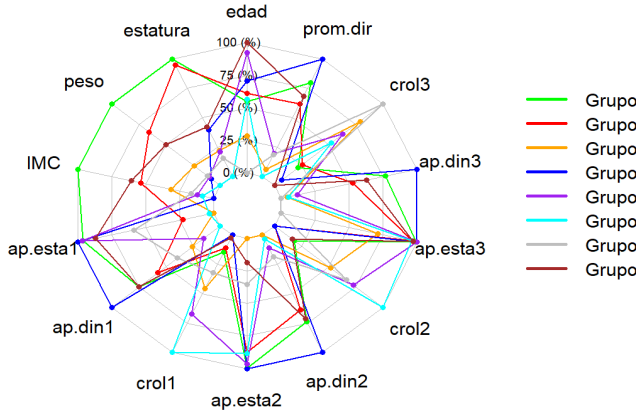
Figura 2. Gráfico de dispersión



Nota. Resultados de la directiva 1 (horizontal) vs. promedio de las directivas (vertical), segmentado por colores para masculino (verde) y femenino (naranja).

Al aplicar el algoritmo k-means a datos normalizados de las variables, tomando como referencia la asignación de los estudiantes en ocho grupos (Figura 3), se observa que hay diferencias significativas en el rendimiento de los estudiantes en la realización de los ejercicios y en la medición de cada una de las variables en cada uno de estos ocho grupos.

Figura 3. Promedio de las pruebas físicas de cada grupo, sugerido por el método k-means estándar con datos normalizados



Fuente: elaboración propia.

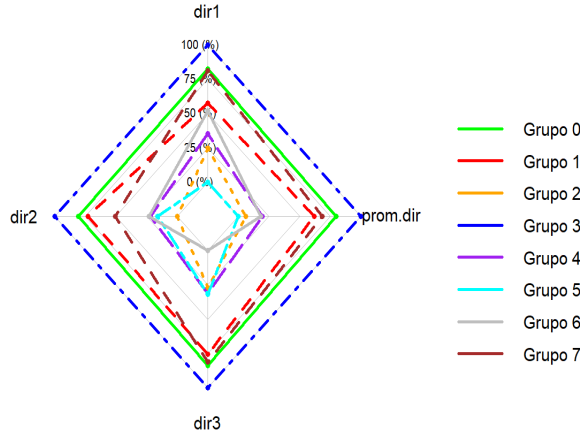
La Figura 4 muestra que los grupos con mejores resultados en relación con la media de las directivas se encuentran en los grupos 0, 3 y 7. Entre las características de los estudiantes de estos grupos, encontramos que el grupo 0 contiene a los estudiantes con un promedio de cumplimiento de las directivas superior al 75 %, y que la apnea dinámica en cada uno de los niveles alcanzó un cumplimiento del 75 %, mientras que la apnea estática en cada nivel se acercó mucho al 100 %.

Por otra parte, los estudiantes del grupo 3 tienen un promedio de cumplimiento de las directivas del 100 %, lo que equivale a apneas dinámicas y estáticas en sus tres niveles con un cumplimiento cercano al 100 %. El último grupo tiene un promedio de cumplimiento de las directivas entre el 70 y 75 %, y una apnea dinámica 1 más alta que las dinámicas 2 y la 3.

En particular, presenta diferencias significativas en el cumplimiento de la apnea estática, que inicia en el nivel 1 con un cumplimiento superior al 80 %, en el nivel 2 apenas alcanza alrededor de un 20 % de y finaliza en el nivel 3 con un cumplimiento del 100 %.

Una particularidad de todos los grupos con mayor porcentaje de cumplimiento del promedio de las directivas es que su desempeño en las pruebas de 100 metros crol es bajo. Si se observa el grupo 5, se puede ver que tiene un muy buen desempeño en las pruebas de crol en cada nivel, pero sus porcentajes de aprobación en las pruebas son bajos, incluyendo el promedio de las directivas. Es de resaltar que los 100 metros crol son el requisito de la prueba física de agua para continuar cualquier proceso acuático militar.

Figura 4. Promedio de las directivas para los atletas de cada grupo sugerido por el método k-means



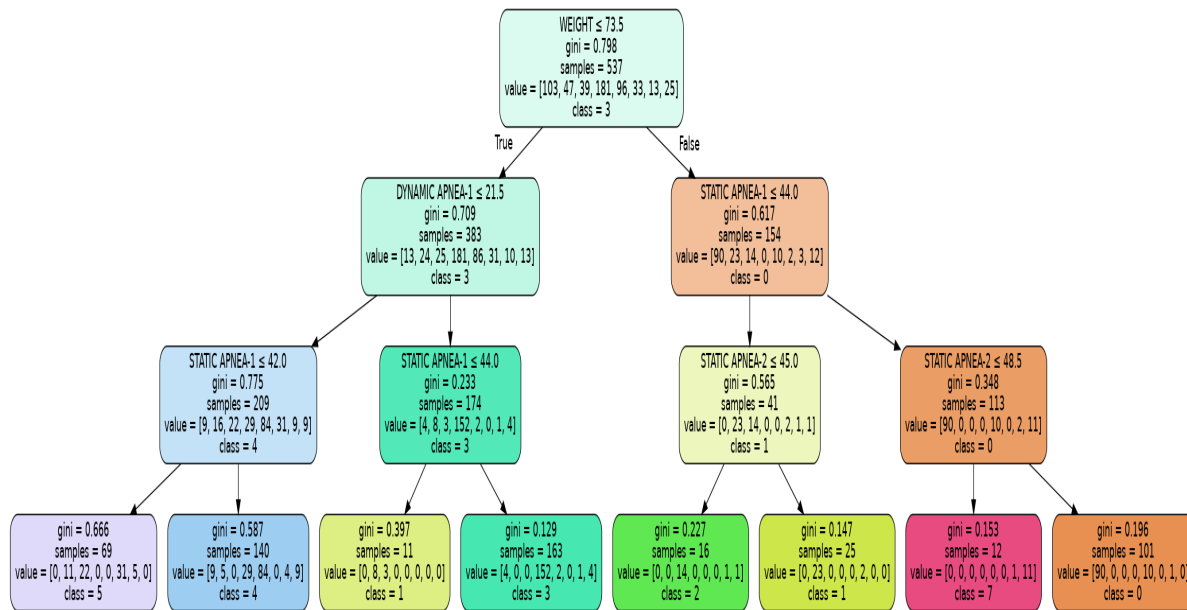
Fuente: elaboración propia.

Mediante el método del árbol de decisión (Figura 5), el algoritmo muestra que los hombres con apnea estática 1 mayor de 44, apnea dinámica 1 mayor de 21.5 y peso menor de 73.5 kg presentan un patrón de buen rendimiento. Las directivas 1, 2 y 3 para este grupo muestran unos resultados de cumplimiento del 90.7 %, 94.3 % y 92.1 % respectivamente. El promedio de las directivas es de 92,4 %.

Para las mujeres, el grupo con mayor cantidad de representantes es el que tiene una directiva-1 menor o igual a 78 %, una apnea dinámica-3 menor a 24 y una apnea estática-1 mayor que 48.5 %. Este grupo se identifica por tener directivas 1, 2 y 3 con un 57.7 %, 68 % y 69 % de cumplimiento, respectivamente y un promedio de cumplimiento de las directivas del 65 %, como se observa en la Figura 6. Esto evidencia una mejora en el rendimiento físico en las pruebas de agua. Sin embargo, este avance no es suficiente para alcanzar los estándares mínimos requeridos para aprobar el módulo de natación, según la directiva.

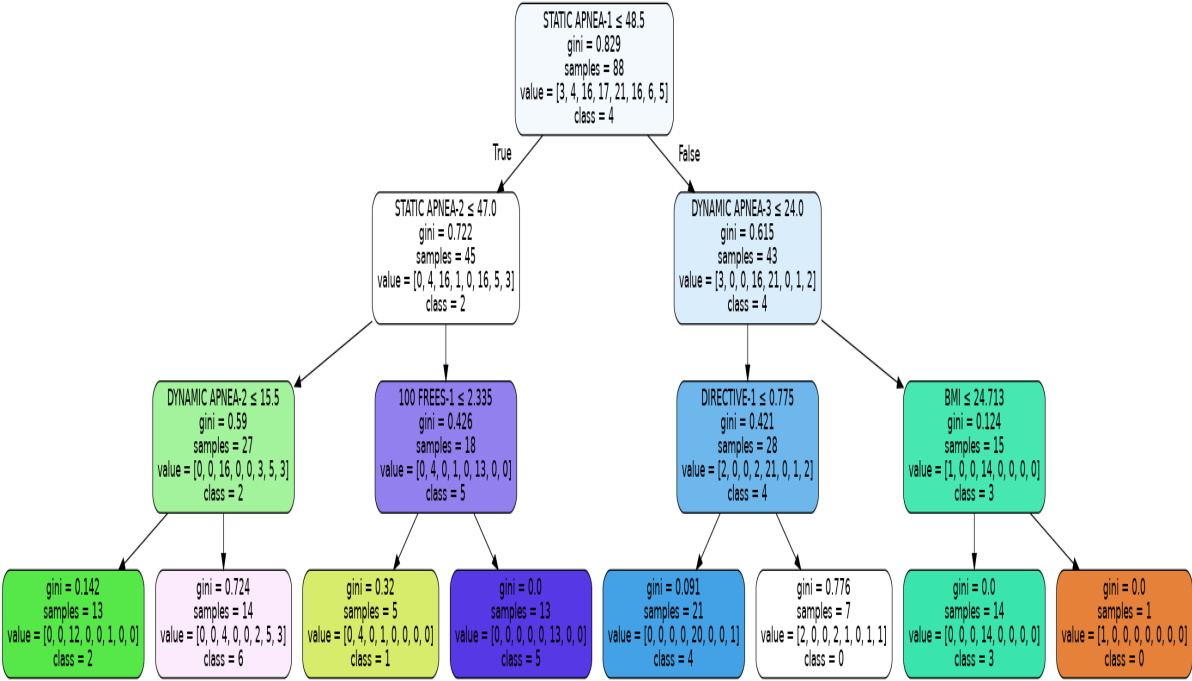
Este análisis se realizó teniendo en cuenta la ramificación con más individuos, tanto para hombres como para mujeres.

Figura 5. Árbol de decisión para hombres realizado con el algoritmo Decision Tree Regressor



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Árbol de decisión para mujeres realizado con el algoritmo Decision Tree Regressor



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El estudio del impacto del entrenamiento en natación en el rendimiento de los soldados en situaciones de alta presión o emergencia, permite identificar cómo el módulo de natación de la EMSUB sirve para fortalecer la capacidad de los estudiantes para mantener la calma y actuar de forma eficaz bajo estrés en el contexto militar en entornos acuáticos (Ministerio de Defensa Nacional, 2021b).

El estudio corrobora la importancia de separar los datos por sexo biológico y reconoce las diferencias en los estadísticos descriptivos de cada una de las variables entre hombres y mujeres. Esta segmentación de los datos fue clave en el proceso, ya que permitió evaluar el rendimiento en función de las diferencias biológicas y de las posibles variaciones en la capacidad física, un factor crítico en el contexto de las pruebas acuáticas en un ambiente de formación militar (García Roque y Chagua Ríos, 2021).

Los resultados de las matrices de correlación respecto a la prueba de apnea estática muestran una baja incidencia en los resultados de las directivas; no obstante, los estudios demuestran que este tipo de pruebas fortalecen las habilidades y los ejercicios tácticos en el desarrollo de operaciones militares. Tal y como afirma Álvarez Sierra (2023), citando a Ostrowski et al. (2012): «También favorece la psique, generando resistencia al esfuerzo, al dolor y a las condiciones extremas, superando situaciones donde está en riesgo la salud y la vida» (p. 16). Por eso, identificar a tiempo las debilidades de los estudiantes permite diseñar estrategias que fortalezcan sus competencias en el medio acuático, asegurar su avance progresivo hacia los niveles posteriores y desarrollar capacidades óptimas (Navarro, 2016).

Gracias a estas técnicas, se pudieron identificar las diferencias más pronunciadas entre los grupos en función del rendimiento en las pruebas acuáticas, lo que ayudó a la detectar a los estudiantes que

requieren intervención adicional o refuerzo en su entrenamiento. Esta comprensión de los factores determinantes del rendimiento respalda la idea de optimizar los tiempos de la formación y ajustar el diseño de las estrategias de entrenamiento según los perfiles identificados, lo que permite mejorar continuamente el proceso de instrucción y evaluación de los estudiantes (Ministerio de Defensa Nacional, 2021b).

El uso de matrices de correlación es una herramienta eficaz para identificar las variables que más inciden en la aprobación de cada nivel del módulo. La aplicación de algoritmos de clasificación y predicción, como k-means y Decision Tree Regressor, no solo permite agrupar a los estudiantes según características comunes, sino también anticipar su rendimiento en etapas posteriores a partir de los resultados iniciales.

Este enfoque contribuye a diseñar estrategias de acompañamiento diferenciadas y rutas de intervención personalizadas, lo que favorece procesos de entrenamiento más adaptativos y seguros. En este sentido, se confirma que los programas con capacidad de ajuste progresivo generan mayores beneficios en el rendimiento y reducen los riesgos asociados a la sobrecarga o a la aparición de lesiones, tal y como lo plantean Santtila et al. (2015).

Recomendaciones

Es necesario fomentar la investigación continua en el ámbito de la natación militar para desarrollar programas especializados basados en evidencia científica que respondan a las necesidades actuales y futuras en el contexto de la defensa nacional.

Esta línea de trabajo debe complementarse con la incorporación de programas de natación estructurados dentro del currículo de formación militar, orientados al desarrollo de competencias específicas que garanticen un desempeño eficiente en escenarios operativos, tanto a nivel nacional como internacional. Para ello, se recomienda establecer un marco normativo claro que regule el entrenamiento acuático en la EMSUB e incluir la elaboración de un

manual técnico que detalle las competencias esperadas en cada etapa del proceso formativo y que sirva de guía estandarizada para la formación de los estudiantes.

Por ello, se sugiere ampliar y fortalecer el sistema de evaluación del módulo de natación, incorporando no solo pruebas estandarizadas, sino también el seguimiento del progreso individual, las habilidades adquiridas y la adaptación progresiva al medio acuático. Con este propósito, es indispensable diseñar programas de entrenamiento personalizados que tengan en cuenta las características físicas y las capacidades individuales de cada estudiante, lo que permitirá optimizar el rendimiento físico y reducir significativamente el riesgo de lesiones durante el proceso formativo. En este sentido, se deben aumentar las horas de práctica en el medio acuático, aplicar principios de progresión y adaptación de las cargas de entrenamiento e implementar análisis estadísticos en el seguimiento de los resultados, lo que permitirá predecir el rendimiento futuro de los estudiantes y ajustar de manera eficiente las cargas y condiciones de trabajo sin perder de vista las necesidades individuales.

CONCLUSIONES

En este estudio, se clasifican las variables que influyen en la evaluación de las pruebas físicas acuáticas de los estudiantes, con las que se pudo predecir el comportamiento del rendimiento en el nivel final del módulo, a partir de los porcentajes obtenidos en las pruebas del nivel 1.

La metodología y los algoritmos usados en este estudio permitieron identificar patrones de rendimiento de los estudiantes y mostrar criterios de selección de características que generan alertas tempranas, lo que permite brindar un mayor acompañamiento para mejorar su rendimiento en el ciclo de formación.

Según las matrices de correlación, se observa que, con independencia del sexo biológico, las variables edad, peso e IMC no afectan en gran medida al resultado medio de la directiva.

Estos resultados concuerdan con lo establecido para el año 2022 en el Ejército Nacional de Colombia, donde no se establece una calificación por género en la prueba física de agua (Ministerio de Defensa Nacional, 2021b).

La apnea dinámica 1 tiene un impacto significativo en los resultados de la directiva 1 para hombres y mujeres. Sin embargo, no se relaciona con las pruebas de apnea estática 2, apnea estática 3, crol 2 ni crol 3. Desde el punto de vista experimental se observa que se puede tener un buen desempeño en el nivel 1, sin que esto garantice un incremento de los resultados en los niveles siguientes.

El uso del árbol de decisión permitió identificar con precisión las variables que inciden significativamente en el desempeño de la directiva 3. La influencia destacada de la directiva 1 en la puntuación media de las directivas resalta su valor como indicador temprano, lo que permite implementar sistemas de alerta para orientar hacia un enfoque de entrenamiento personalizado en natación. Este enfoque debe tener en cuenta parámetros adaptados a las capacidades individuales de los estudiantes para garantizar que el módulo de natación contribuya efectivamente a la formación de todos los estudiantes, futuros suboficiales del Ejército.

REFERENCIAS

1. Álvarez Sierra, S. (2023). *Metodología didáctica para el aprendizaje y desarrollo técnico de la apnea deportiva* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/38614>
2. Becker, B. E. (2009). Aquatic Therapy: Scientific Foundations and Clinical Rehabilitation Applications. *PM&R*, 1(9), 859-872. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2009.05.017>
3. Chavarría-Calderón, R. A. (2024). La importancia del desarrollo de las habilidades acuáticas en el guardiamarina dentro de su formación para Oficial de Marina. *REICOMUNICAR*, 7(14),

- 529-544. <https://www.reicomunicar.journalgestar.org/index.php/reicomunicar/article/view/328>
4. Coral Apolo, G., Rubio Villalba, T. F., Burbano Benavides, M. A., y Yar Saavedra, R. L. (2017). Diferencias biomecánicas en natación utilitaria: estudio en deportistas principiantes y de alto rendimiento. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 219-227. <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v36n2/ibi17217.pdf>
 5. Directiva Permanente n.º111 de 2022. [Ministerio de Defensa Nacional]. Lineamientos para el acondicionamiento físico del personal del Ejército Nacional. 24 de junio de 2022. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/permalink/57MDN_INST/19u7a5o/alma991251309907231
 6. Directiva Permanente n.º3 de 2019. [Ministerio de Defensa Nacional]. Lineamientos para la definición de la Política de Tratamiento de Datos Personales en el Ministerio de Defensa Nacional. 23 de enero de 2019. https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/telematica/DP%2003%20de%202019%20PROTECCI%C3%93N%20DATOS%20PERSONALES%20MDN.pdf
 7. Ejército Nacional de Colombia. (2017). *Manual fundamental de referencia del Ejército. MFRE 7-0 Desarrollo de líderes y entrenamiento de unidades*. Centro de Doctrina del Ejército Nacional de Colombia. <https://www.ejercito.mil.co/mfre-7-0-desarrollo-de-lideres-y-entrenamiento-de-unidades/>
 8. Escuela Militar de Suboficiales «Sargento Inocencio Chincá». (s. f.). *Malla curricular TEM*. <https://www.emsub.mil.co/malla-curricular-tem/>
 9. Escuela Militar de Suboficiales «Sargento Inocencio Chincá». (s. f.). *Tecnología en entrenamiento y gestión militar*. <https://www.emsub.mil.co/tecnologia-en-entrenamiento-y-gestion-militar/>
 10. Franco-Árcega, A., Sobrevilla-Sólis, V. I., Gutiérrez-Sánchez, M. J., García-Islas, L. H., Suárez-Navarrete, A., y Rueda-Soriano, E. (2021). Sistema de enseñanza para la técnica de agrupamiento k-means. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas E Ingenierías del ICBI*, 9(Especial), 53-58. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9iEspecial.7384>
 11. García Roque, L. J., y Chagua Ríos, P. J. (2021). *La natación de combate y la formación militar de los cadetes de cuarto año de Infantería de la Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco*

- Bolognesi, 2021 [Trabajo de grado, Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi]. <https://repositorio.esuela-militar.edu.pe/handle/EMCH/922>
12. Guerrero López, L. (2019). Participación de las Fuerzas Militares de Colombia en operaciones de mantenimiento de paz 2019-2023. *Revista Científica General José María Córdova*, 17(25), 5-24. <https://doi.org/10.21830/19006586.355>
 13. Hastie, T., Tibshirani, R., y Friedman, J. (2013). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21606-5>
 14. Jain, A. K., y Dubes, R. C. (1988). *Algorithms for Clustering Data*. Pearson.
 15. James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., y Taylor, J. (2023). *An Introduction to Statistical Learning. With Applications in Python*. Springer.
 16. Kostoulas, I., Kounalakis, S., Toubekis, A., Kaniadakis, A., Karagiannis, A., Mavraganis, D., Karatrantou, K., y Gerodimos, V. (2019). The Effect of a Combat Swimming Training Program on Swimming Performance. *Proceedings*, 25(1), 6. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019025006>
 17. Kyröläinen, H., Pihlainen, K., Vaara, J. P., Ojanen, T., y Santtila, M. (2018). Optimising Training Adaptations and Performance in Military Environment. *Journal Of Science and Medicine In Sport*, 21(11), 1131-1138. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.019>
 18. Ley Estatutaria 1581 de 2012. [Congreso de la República de Colombia]. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. D. O. 48587. 18 de octubre de 2012.
 19. Martinescu-Bădălan, F. (2019). Study on the Importance of Land-Centered Training for the Freestyle Swimming Technique for Military Students. *International Conference Knowledge-Based Organization*, 25(2), 276-282. <https://doi.org/10.2478/kbo-2019-0094>
 20. Medina-Hoyos, L. A., Prieto-Mondragón, L. P., y Sanjuanelo, D. (2020). Capacidades físicas en personal de salvamento acuático en Bogotá, D.C. *Actividad Física y Deporte*, 6(2), 42-59. <https://doi.org/10.31910/rdafd.v6.n2.2020.1568>

21. Ministerio de Defensa Nacional. (2021a). *Política de seguridad, defensa y convivencia ciudadana. Garantías para la vida y la paz 2022-2026*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocumento.asp?id=30046907>
22. Ministerio de Defensa Nacional. (2021b). *Política de Educación para la Fuerza Pública (PEFuP) 2021-2026: hacia una educación diferencial y de calidad*. <https://esici.edu.co/wp-content/uploads/2024/08/Politica-de-Educacion-de-la-Fuerza-Publica-1.pdf>
23. Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana: metodología de seguimiento, diagnóstico y elementos para su prevención*. https://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1783/articulos-415271_documento.pdf
24. Navarro, R. E. (2016). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE Revista Iberoamericana Sobre Calidad Eficacia y Cambio En Educación*, 1(2), 1-15. <https://doi.org/10.15366/reice2003.1.2.007>
25. Needham-Beck, S. C., Maroni, T. D., Walker, F. S., Vine, C. A., Moore, D., Draper, J., Alexander, B., Myers, S. D., y Blacker, S. D. (2024). Development of an Evidence-Based Swimming Representative Military Task to Assess Swimming Competency in the British Army. *Work*, 79(4), 1773-1784. <https://doi.org/10.3233/WOR-230256>
26. Nindl, B. C., and Sharp, M. A. (2015). Third International Congress on Soldiers' Physical Performance: Translating State-of-the-Science Soldier Research for Operational Utility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, S1-S3. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001157>
27. Nindl, B. C., Williams, T. J., Deuster, P. A., Butler, N. L., y Jones, B. H. (2013). Strategies for optimizing military physical readiness and preventing musculoskeletal injuries in the 21st century. *U.S. Army Medical Department Journal*, 5-23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24146239/>
28. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, V., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., y Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine

- Learning in Python. *Journal Of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830. <https://inria.hal.science/hal-00650905v1>
29. Perdomo-Becerra, K. S., Pérez-Cuesta, J. S., Ramírez-Hernández, G., y Umbarila-Espinosa, L. M. (2023). Protocolo de prueba física en agua en la Escuela Militar de Cadetes. *Brújula*, 11(22), 67-86. <https://doi.org/10.21830/23460628.149>
 30. Plaza Escandón, H. D., y Acosta Reyes, J. J. (2023). *Pedagogía de la natación*. Ciencia Latina Internacional. https://doi.org/10.37811/cli_w1001
 31. Python Software Foundation. (2023). Python (versión 3.11) [Programa de computación]. <https://www.python.org/>
 32. Santtila, M., Pihlainen, K., Viskari, J., y Kyröläinen, H. (2015). Optimal Physical Training During Military Basic Training Period. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, S154-S157. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001035>
 33. Stemm, J. D., y Jacobson, B. H. (2007). Comparison of Land-and Aquatic-Based Plyometric Training on Vertical Jump Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 568-571. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17530969/>
 34. Szivak, T. K., y Kraemer, W. J. (2015). Physiological Readiness and Resilience: Pillars of Military Preparedness. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, S34-S39. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001073>
 35. Tinto, V. (2012). Enhancing Student Success: Taking the Classroom Success Seriously. *The International Journal Of The First Year In Higher Education*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.5204/in-tjfyhe.v3i1.119>
 36. Torreadella-Flix, X. (2023). Aprender a nadar: cómo empezó la natación en España 1807-1870 (parte 1). *Educación Física y Deporte*, 42(2), 31-84. <https://doi.org/10.17533/udea.efyd.e352683>
 37. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UN-GRD]. (2025). *Informe de gestión. Vigencia 2024*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Informe-de-gestion.aspx>