

# Respuestas fisiológicas en reposo y posterior a una apnea dinámica en deportistas de actividades subacuáticas.

*Physiological responses at rest and following dynamic apnea in underwater athletes.*

**Juan Camilo López Soto<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0000-0003-0186-5623>

**Isabela Congote Sepúlveda<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0000-4097-2793>

**Edwin Stiven Meneses Sánchez<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0006-8637-4653>

**Juan Esteban Martínez Duque<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0006-5123-7333>

**Juan Felipe Cañas Benítez<sup>1</sup>**

<https://orcid.org/0009-0007-1180-9808>

<sup>1</sup>Facultad de Educación; Universidad de San Buenaventura, Medellín; Colombia.

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar las diferencias entre los valores hallados de presión arterial, saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y capacidad vital forzada en reposo, y posterior a una apnea dinámica en deportistas de actividades subacuáticas del club galápagos de la Ciudad de Medellín.

**Métodos:** Este es un estudio cuantitativo de corte descriptivo. La muestra de este estudio estuvo compuesta por 24 deportistas de actividades subacuáticas, 12 deportistas de hockey subacuático y 12 deportistas de apnea. Para la selección de los deportistas, se utilizó un muestreo no probabilístico a conveniencia. Estos fueron evaluados, en el complejo acuático de la ciudad de Medellín, Colombia. Se midieron las siguientes variables: Capacidad Vital Forzada (FVC), Frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno; para la toma de las variables en el agua se le pidió a los deportistas, realizar una inmersión por lo menos hasta la mitad de la piscina, deslizándose por el muro, y posterior a ello avanzar a máxima velocidad en apnea con bieletas durante 25 metros, tocando nuevamente el muro de la piscina

hasta finalizar la prueba.

**Resultados:** Fueron evaluados un total de 24 deportistas, 12 de Hockey subacuático y 12 de Apnea, su media de edad fue de 19,7 años (DE  $\pm$  2,73), y 37,5 años (DE  $\pm$  5,77) respectivamente. La variable frecuencia cardíaca tuvo cambios estadísticamente significativos, pasado de 73.9 a 90.5 pulsaciones por minuto en apnea y de 80.3 a 112.5 pulsaciones por minuto en hockey subacuático. Además, hubo cambios clínicamente importantes en las variables: Presión arterial, capacidad vital forzada y saturación de oxígeno.

**Conclusiones:** Se evidenciaron diferencias tanto clínicas como estadísticamente significativas para las variables evaluadas, sin embargo, esto se encuentra relacionado con la diferencia de edad, género y modalidad deportiva que practica el sujeto, esto teniendo en cuenta que en el presente estudio, los deportistas de apnea presentaron valores por encima en relación a los deportistas de hockey subacuático en la mayoría de las variables evaluadas, exceptuando la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno, ambas en tiempos 1 y 2.

**Palabras clave:** Apnea, hockey, presión arterial, esfuerzo físico, deportes, capacidad vital, respiración, subacuático, oxígeno, frecuencia cardíaca, índice de masa corporal.



**RPCAFD**

**ORIGINAL**

Recibido: 12 mar 2023  
Aceptado: 30 may 2023

### Correspondencia:

Juan Camilo López Soto:

E-mail:

[juancamilolopezsoto@gmail.com](mailto:juancamilolopezsoto@gmail.com)



CINEMAROS SAC



## ABSTRACT

**Aim:** To determine the differences between the values found for blood pressure, oxygen saturation, heart rate and forced vital capacity at rest, and after a dynamic apnea in athletes of underwater activities of the Galapagos club of the City of Medellín.

**Methods:** This is a quantitative descriptive study. The sample of this study consisted of 24 athletes of underwater activities, 12 athletes of underwater hockey and 12 athletes of apnea. For the selection of the athletes, a non-probabilistic convenience sampling was used. These were evaluated in the aquatic complex of the city of Medellín, Colombia. The following variables were measured: Forced Vital Capacity (FVC), heart rate, blood pressure, oxygen saturation; To take the variables in the water, the athletes were asked to dive to at least half of the pool, sliding down the wall, and after that, advance at maximum speed in apnea with tie rods for 25 meters. Touching the pool wall again until the end of the test.

**Results:**

A total of 24 athletes were evaluated, 12 from Underwater Hockey and 12 from Apnea, their average age was 19.7 years (SD  $\pm$  2.73), and 37.5 years (SD  $\pm$  5.77) respectively. The heart rate variable had statistically significant changes, going from 73.9 to 90.5 beats per minute in apnea and from 80.3 to 112.5 beats per minute in underwater hockey. In addition, there were clinically important changes in the variables: blood pressure, forced vital capacity and oxygen saturation.

**Conclusions:** Both clinical and statistically significant differences were evidenced for the evaluated variables, however, this is related to the difference in age, gender and sport modality practiced by the subject, taking into account that in the present study, the apnea athletes presented values above in relation to underwater hockey athletes in most of the variables evaluated, except heart rate and oxygen saturation, both at times 1 and 2.

**Keywords:** Freediving, hockey, blood pressure, physical effort, sports, vital capacity, respiration, underwater, oxygen, heart rate, body mass index.

## Introducción

El sistema respiratorio de los seres humanos requiere un equilibrio tanto en la fase de inhalación, como de exhalación, dichos procesos son medidos a través de volúmenes, los cuales están compuestos por fases <sup>1</sup>. La fase 1 se denomina ventilación pulmonar, y está compuesta por el volumen corriente y el volumen de reserva inspiratorio, y la fase 2 esta compuesta por el volumen de reserva espiratorio y el volumen residual; Dichos volúmenes varían entre hombres y mujeres, entre 1 y 1,4 litros de Oxígeno aproximadamente <sup>2</sup>.

Estos valores son considerados saludables para la población en general, sin embargo, al hablar de deportistas de actividades subacuáticas estos datos numéricos suelen variar; lo anterior por las adaptaciones cardiorrespiratorias de los mismos en la actividad o en el ejercicio bajo condiciones de apnea. <sup>3</sup>

La apnea, es definida como la detención voluntaria o involuntaria, de los movimientos respiratorios (inspiración, expiración), la apnea dinámica es la que se realiza mientras dura la parada voluntaria de la respiración, en la actualidad se utiliza en la mayoría de los casos como práctica deportiva. En los deportes subacuáticos, los apneistas inspiran un volumen determinado de aire que retienen y mantienen en los pulmones hasta su regreso a la superficie, dicho volumen de aire está sometido a la influencia de la presión exterior (la suma de la presión atmosférica más la presión hidrostática) dependiente de la profundidad de la inmersión, y los diferentes cambios que se produzcan en los alvéolos como consecuencia del consumo de oxígeno (O<sub>2</sub>) y la producción de dióxido de carbono (C<sub>02</sub>). <sup>4</sup>

Los deportistas de actividades subacuáticas reportan mayores volúmenes de reserva espiratoria en reposo, comparados con deportistas de otras disciplinas y con población en general <sup>5</sup>.

Esto se da debido a que los deportistas de dichas modalidades presentan índices de hiperreactividad bronquial superiores, además diversos estudios han sugerido que las diferencias entre deportistas y población común son debido al hecho de que el entrenamiento altera la capacidad funcional de la musculatura respiratoria <sup>4</sup>. También se sugiere que puede existir una predisposición genética para el desarrollo de un mayor volumen pulmonar. <sup>6</sup>

Diversos estudios, han demostrado además, que la apnea provoca bradicardia, la cual se ha asociado además con una reducción sustancial del gasto cardíaco y un aumento de la resistencia vascular periférica a partir de la vasoconstricción generada por la retención voluntaria del aire <sup>7</sup>.

Del mismo modo, en las actividades subacuáticas, cuanto mayor es la profundidad, mayor es el aumento de la presión hidrostática la cual, cada 10 metros de columna de agua aumenta 10 kilopascales, lo que causa por consiguiente, cambios volumétricos importantes, un mayor vasoconstricción y aumentos en la resistencia vascular periférica. <sup>8,9</sup>

Algunos estudios sugieren que existe una reducción muy ligera de la saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) cuando se realiza apnea y esta no supera el 4%, demostrándose con esto que hay una conservación de oxígeno biológicamente significativa, además la saturación parece mantenerse cuando hay procesos de reinhalación constante, a pesar de la disminución en la frecuencia cardíaca y la vasoconstricción periférica <sup>7 10</sup>. Esta parece ser una respuesta de conservación biológica de los seres humanos, cuando están realizando estas actividades. <sup>11</sup>

Existe información muy limitada sobre los cambios en la presión arterial sistólica, media y diastólica en deportistas de actividades subacuáticas, y estos valores dependerán

básicamente de factores como la disciplina deportiva, la profundidad, la temperatura entre otros.<sup>12</sup> Sin embargo se ha encontrado que los deportistas de buceo, responden a los procesos de inmersión, bajo un reflejo denominado, respuesta de buceo, la cual provoca disminución en algunos componentes cardiorrespiratorios como la frecuencia cardíaca, la presión arterial sistólica, y el gasto cardíaco <sup>13</sup>. Se ha encontrado que durante inmersiones profundas conteniendo la respiración en humanos, existe una bradicardia pronunciada con valores que caen hasta de 20-30 latidos por minuto, <sup>9,14</sup>. Sin embargo, el buceo en apnea puede representar un peligro para sujetos susceptibles al inducir arritmias cardíacas <sup>15</sup>

Los atletas de hockey subacuático realizan inmersiones frecuentes y prolongadas en apneas tanto dinámicas como estáticas, lo cual genera cambios a nivel de variables cardiorrespiratorias y mayor acumulación de dióxido de carbono C<sub>O<sub>2</sub></sub>; estos deportistas pueden mantenerse en lapsos más cortos de tiempo bajo el agua mientras contienen la respiración <sup>5</sup> Sin embargo, en la apnea el deportista debe sumergirse y hacer movimientos repetitivos bajo del agua durante un lapso más extenso, lo cual varía teniendo en cuenta la modalidad que se practique <sup>16</sup>. Las adaptaciones cardiovasculares durante la contención de la respiración, que incluyen bradicardia, reducción del gasto cardíaco, vasoconstricción periférica y aumento de la presión arterial, se conocen actualmente como “respuesta de apnea” <sup>16</sup>

Por lo tanto este estudio pretende determinar las diferencias entre los valores hallados de presión arterial, saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y capacidad vital forzada en reposo, y posterior a una apnea dinámica de 25 metros en deportistas de actividades subacuáticas del club galápagos de la Ciudad de Medellín

## Materiales y Métodos:

Este estudio fue realizado con un enfoque cuantitativo, y un diseño de corte descriptivo. La muestra de este estudio estuvo compuesta por 24 deportistas de actividades subacuáticas, 12 deportistas de hockey subacuático y 12 deportistas de apnea. Para la selección de los deportistas, se utilizó un muestreo no probabilístico a conveniencia. Estos fueron evaluados en el mes de Noviembre del año 2022, en el complejo acuático de la ciudad de Medellín, Colombia. Los criterios de selección de los deportistas, fueron:

### *Criterios de inclusión:*

- Deportistas activos de Apnea y Hockey subacuático con 3 años o más de experiencia deportiva.

- Pertenecer al Club Galápagos de la ciudad de Medellín-Colombia
- Aceptar mediante el consentimiento o asentimiento informado la participación en el estudio.

### *Criterios de exclusión:*

- Padecer o haber padecido infecciones respiratorias graves en los últimos 3 meses anteriores a la intervención.
- Consumir cigarrillo o sustancias psicoactivas tales como marihuana, cocaína y sus derivados.
- Padecer enfermedades respiratorias de tipo crónico, tales como: Asma o Epoc.

## Definición de variables y recolección de información:

- La Capacidad Vital Forzada (FVC), representa el volumen máximo de aire exhalado durante una espiración máxima que sigue a una inspiración máxima, esta variable es expresada en litros.<sup>17</sup>
- La Frecuencia cardiaca: Corresponde al número de veces que el corazón late durante cierto periodo, por lo general un minuto<sup>14</sup>
- La Presión arterial: Fuerza que ejerce contra la pared arterial la sangre que circula por las arterias<sup>14</sup>
- La Saturación de oxígeno: Hace referencia a que proporción (%) de la capacidad total de la hemoglobina está ocupada por oxígeno.

Todos los participantes que cumplieron con los criterios de selección, diligenciaron el consentimiento y/o asentimiento informado, además de la encuesta de antecedentes personales. Las evaluaciones físicas de las personas se realizaron bajo las mismas condiciones, es decir, fueron citados a una misma hora y lugar, de acuerdo al cronograma establecido. Se les recomendó a los participantes no consumir bebidas alcohólicas,

ni tampoco ningún tipo de energizantes 24 horas antes de la prueba. Adicional a ello se les pidió a los participantes no consumir alimentos sólidos pesados por lo menos 2 horas antes de la prueba y mantener la hidratación constante de agua durante la ejecución de las mismas.

Para la toma de las variables en reposo, se le pidió a los deportistas acostarse de cubito lateral durante 5 minutos, antes de la medición para evitar sesgos de confusión. Para la toma de las variables en el agua se le pidió a los deportistas, realizar una inmersión por lo menos hasta la mitad de la piscina, deslizándose por el muro, y posterior a ello avanzar a máxima velocidad en apnea con bialetas durante 25 metros, tocando nuevamente el muro de la piscina al finalizar la prueba. Inmediatamente el deportista deberá salir del agua y sentarse en el borde de la piscina, donde 3 evaluadores tomaran su presión arterial, capacidad vital forzada, frecuencia cardiaca y oximetría. La piscina de actividades subacuáticas tenía 3 metros de profundidad, 25 metros de ancho por 50 metros de largo, con una temperatura promedio de 24 grados centígrados.

## Instrumentos de recolección de información:

Los instrumentos de recolección de información fueron los siguientes:

1. Báscula y tallímetro marca Seca: Para la toma de las variables peso y talla.
2. Cinta antropométrica marca Lufkin: Para la toma del perímetro abdominal
3. Espirómetro marca spirobank II basic (MIR); Para la toma de la capacidad vital forzada.
4. Oxímetro digital marca Fingertip: Para la toma de la saturación de oxígeno y la frecuencia cardíaca.
5. Tensiómetro digital marca GMD Kardio 100: Para la toma de la variable presión arterial sistólica y diastólica

## Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de Shapiro Wilk con corrección de Lilliefors para determinar la distribución de las variables cuantitativas, lo que mostró que casi todas provenían de una población con distribución normal. Las variables cuantitativas: Frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, presión arterial, capacidad vital forzada se resumieron con medias y desviación estándar, de otro lado las variables cualitativas tales como Sexo y consumo de licor se resumieron con frecuencias y porcentajes.

Se utilizó la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas, debido a la distribución de los datos, y la significancia estadística es reportada con un 95% de confianza y un valor de  $P < 0,05$ . Este análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS versión 29 para Mac y en el programa Excel para Mac.

## Condiciones éticas de la investigación

La investigación garantizó la protección a la intimidad de las personas, al atender la disposición de la Resolución 08430 de 1993 del Ministerio de la Protección Social de Colombia, que establece las normas científicas, técnicas y administrativas de la investigación en el campo de la salud<sup>18</sup>; el cumplimiento a esta disposición se realizó mediante consentimiento informado. Las personas que aceptaron su participación en el estudio, conocieron los objetivos del mismo, su justificación, metodología y demás información que requirieron. Los resultados de la investigación no incluyeron identificaciones de las personas, sólo datos numéricos estrictos y propios del estudio. Se garantizó el bienestar de las personas,

la dignidad, la integridad, la confidencialidad y autodeterminación; lo anterior apoyado en principios éticos de la Asamblea de Helsinki en 2008<sup>19</sup>.

Esta investigación fue avalada por el comité de bioética de la Universidad San Buenaventura sede Medellín.<sup>20</sup>

## Resultados

### Descripción de los participantes

Un total de 24 deportistas, cumplieron con los criterios de selección, los cuales además completaron las pruebas tanto en reposo como en el la piscina. La media de edad de los deportistas de Hockey Subacuático (H.S) fue de 19,7 años (DE  $\pm$  2,73), y de los deportistas de Apnea fue de 37,5 años (DE  $\pm$  5,77). La media del perímetro

abdominal de los deportistas de (H.S) fue de 74,55 cm (DE  $\pm$  5,28) y de los deportistas de Apnea fue de 83,67 cm (DE  $\pm$  3,72.) La media del Índice de masa corporal de los deportistas de (H.S) fue de 28,97 (DE  $\pm$  2,79) y de los deportistas de Apnea fue de 29,32 (DE  $\pm$  2,79). (Ver tabla 1)

**Tabla 1: Características de los deportistas de actividades subacuáticas del club galápagos de la ciudad de Medellín**

Grupos		Grupo de Hockey Subacuático X $\pm$ DE	Grupo de Apnea X $\pm$ DE
Edad (años)*		19,7 (D.E $\pm$ 2,73)	37,5 (D.E $\pm$ 5,77)
Sexo**	Femenino	70%	100,00%
	Masculino	30%	0,00%
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )*		28,9 (D.E $\pm$ 2,79)	29,3 (D.E $\pm$ 2,97)
Perímetro abdominal (Cm)*		74,5 (D.E $\pm$ 2,79)	83,6 (D.E $\pm$ 3,72)
Consumo de licor**	SI	0%	10%
	NO	100%	90%

\* Valores dados en medias y desviaciones estándar, \*\* Valores dados en porcentaje

### Valores de presión arterial, capacidad vital, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno en apnea

Las variables de Presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y capacidad vital forzada se midieron en 2 momentos, el primer momento denominado tiempo 1, el cual corresponde a la medición de las variables mientras los deportistas se encontraban en reposo, y el segundo momento denominado tiempo 2, el cual se midió después de que los deportistas realizarán el recorrido en inmersión de 25 metros con Bialeas a máxima velocidad. Todas la variables tuvieron cambios importantes para los procesos de entrenamiento, sin embargo la variable

frecuencia cardiaca, tuvo cambios estadísticamente significativos, pasando de 73,9 a 90,5 pulsaciones por minuto. La variable presión arterial sistólica también tuvo cambios importantes, pasando de 142,8 a 153,1 milímetros de mercurio (MMHG), mientras que la capacidad vital forzada paso de 6,95 a 6,38 litros. El porcentaje de saturación de oxígeno, tuvo cambios pasando de 98,7% a 96,7 %. (Ver Tabla 2)

**Tabla 2: Valores de presión arterial, capacidad vital, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno en deportistas de apnea**

Variables tiempos 1 y 2	Número de participantes	Apnea		
		Media y Desviación estándar	Diferencia de medias	Significancia estadística (P)*
P.A Sistólica Tiempo 1	12	142,8± 14,3	11,08	0,84
P.A Sistólica Tiempo 2	12	153,9±17,1		
P.A Diastólica Tiempo 1	12	87,0±11,0	2,58	0,327
P.A Diastólica Tiempo 2	12	89,5±14,1		
F.C Tiempo 1	12	73,9±14,3	16,67	0,04*
F.C Tiempo 2	12	90,58±18,0		
SO2 Tiempo 1	12	98,08±1,2	1,33	0,06
SO2 Tiempo 2	12	96,75±1,9		
C.V.F Tiempo 1	12	6,95±1,7	0,57	0,23
C.V.F Tiempo 2	12	6,38±1,6		

\* Significancia estadística  $p < 0,05$ .

P.A: Presión arterial. FC Frecuencia Cardiaca. SO2: Saturación de oxígeno. C.V.F: Capacidad vital forzada.

*Valores de presión arterial, capacidad vital, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno en deportistas de Hockey Subacuático*

Las variables de Presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y capacidad vital forzada se midieron tal cual como se describió en el protocolo de apnea. Casi todas las variables tuvieron cambios importantes para los procesos de entrenamiento a excepción del porcentaje de saturación de

oxígeno o la cual no tuvo cambios importantes ni significativos.

La variable frecuencia cardiaca, tuvo cambios estadísticamente significativos, pasando de 80,3 a 112,5 pulsaciones por minuto. La variable presión arterial sistólica también tuvo cambios importantes, pasando de 131,1 a 140,0 milímetros de mercurio (MMHG), mientras que la capacidad vital forzada paso de 4,78 a 4,61 litros, la saturación de oxígeno pasó de 96,5 a 96,8 %. (Ver Tabla 3).

**Tabla 3: Valores de presión arterial, capacidad vital, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno en deportistas de Hockey Subacuático**

Variables en tiempos 1 y 2	Número de participantes	Media y Desviación estándar	Diferencia de medias	Significancia estadística (P)
P.A Sistólica Tiempo 1	12	131,16± 8,4	9,64	0,31
P.A Sistólica Tiempo 2	12	140,08±12,3		

P.A Diastólica Tiempo 1	12	77,91± 9,11		
P.A Diastólica Tiempo 2	12	82,75± 13,9	4,84	0,36
F.C Tiempo 1	12	80,33± 13,26		
F.C Tiempo 2	12	112,58± 27,2	32,25	0,02*
SO2 Tiempo 1	12	96,58±0,9		
SO2 Tiempo 2	12	96,83±1,4	0,3	0,47
C.V.F Tiempo 1	12	4,78±1,0		
C.V.F Tiempo 2	12	4,61±1,4	0,17	0,69

\* Significancia estadística  $p < 0,05$ .

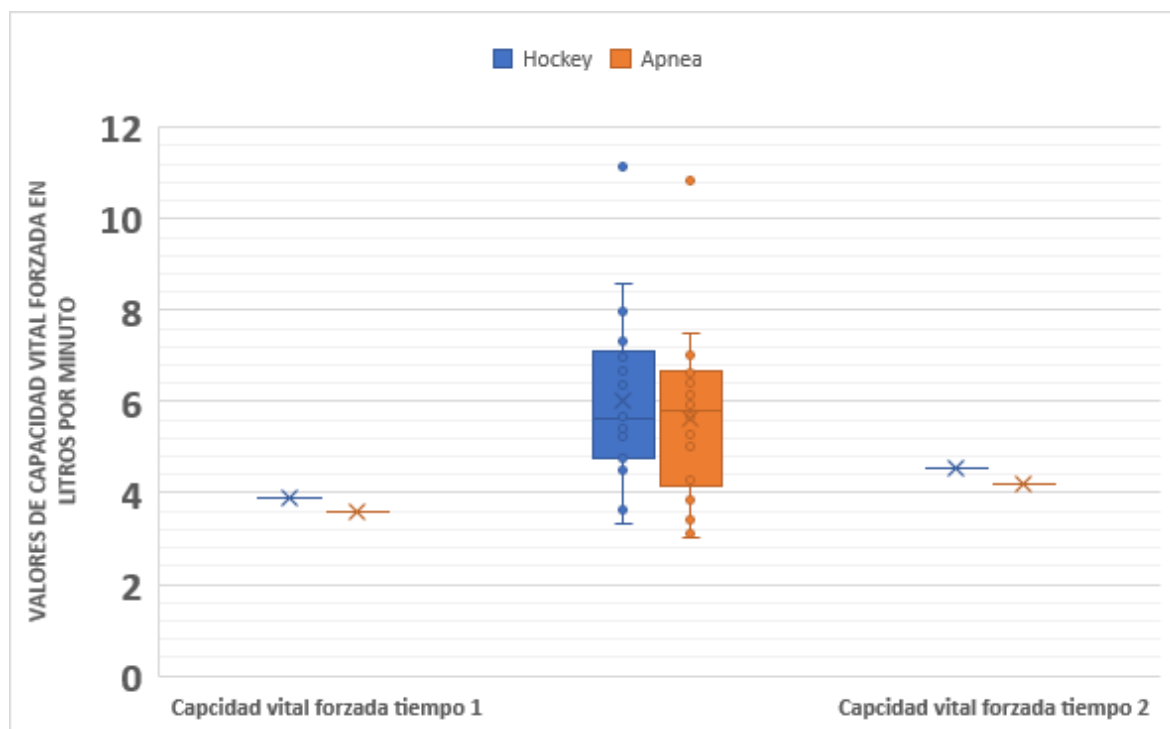
P.A: Presión arterial. FC Frecuencia Cardiaca. SO2: Saturación de oxígeno. C.V.F: Capacidad vital forzada.

### Capacidad vital forzada:

Existe una mayor capacidad vital forzada en los deportistas de apnea, comparados con los de hockey subacuático, sin embargo; no hubo diferencia intragrupos estadísticamente significativas en la capacidad vital forzada entre los deportistas de hockey subacuático la cual paso de 4,78 a 4,61 litros, en reposo y posterior a una apnea de 25

metros; adicional a ello, tampoco hubo diferencia intragrupos estadísticamente significativas en la capacidad vital forzada entre los deportistas de apnea la cual paso de 6,95 a 6,38 listros. (Ver grafico 1)

**Grafico 1. Valores de capacidad vital forzada en los deportistas en tiempo 1 y tiempo 2**





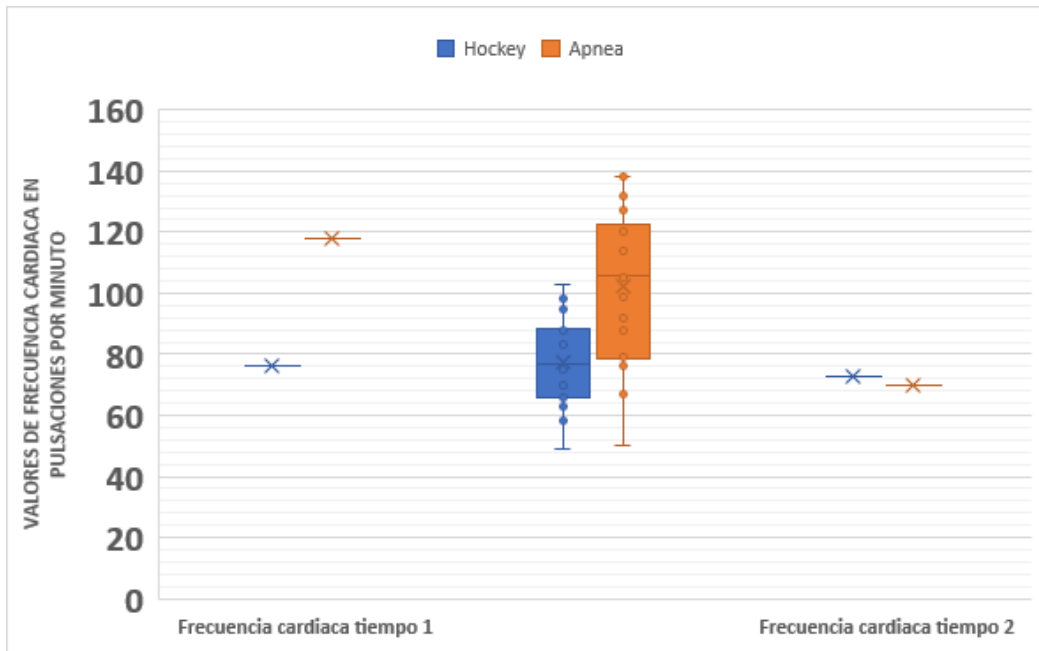


*Frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno:*

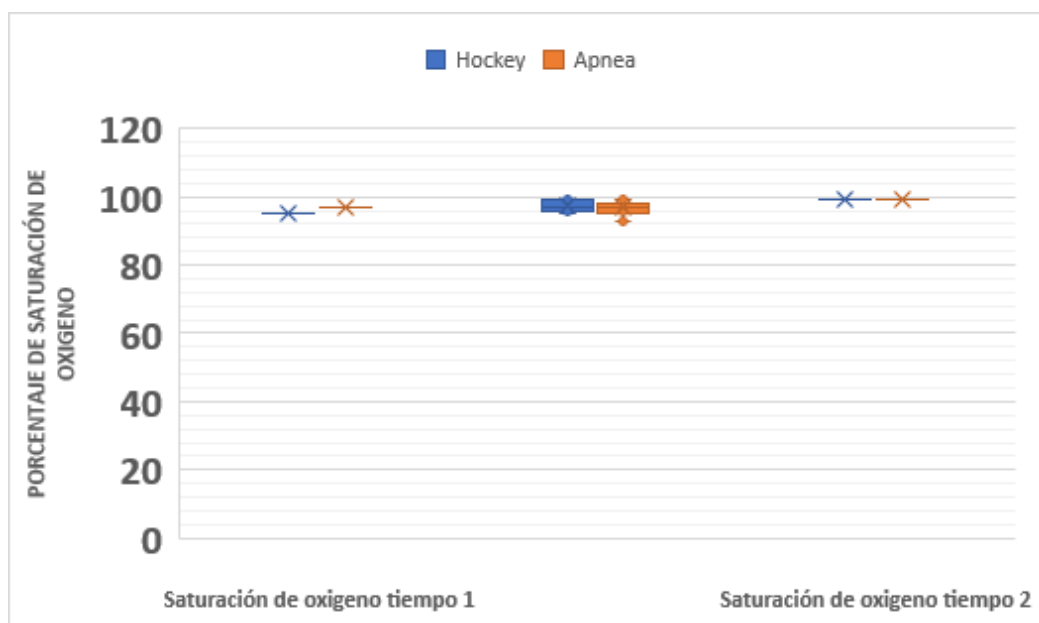
Hubo diferencias intragrupo estadísticamente significativas en los valores de frecuencia cardíaca entre los deportistas de hockey subacuático los cuales pasaron de 80,33 a 112,58 latidos por minuto. Además hubo diferencia intragrupo

estadísticamente significativa en la frecuencia cardíaca entre los deportistas de apnea la cual paso de 73,91 a 90,58 latidos por minuto. Sin embargo no hubo cambios ni diferencias significativas en la saturación de oxígeno de los deportistas (Ver gráficos 3 Y 4)

**Gráfico 3: Valores de frecuencia cardíaca en tiempo 1 y tiempo 2**



**Gráfico 4: Valores de saturación de oxígeno en tiempo 1 y tiempo 2**



## Discusión

Este estudio, logró determinar los valores de presión arterial, saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y capacidad vital forzada en reposo, y posterior a una apnea dinámica en deportistas de actividades subacuáticas del club galápagos de la Ciudad de Medellín. Estas variables toman gran relevancia, pues el alcance de búsqueda del presente estudio, no halló antecedentes reportados con deportistas Colombianos de apnea y hockey subacuático.

Algunos autores, reportan diferencias en las variables del estudio, donde comparan deportistas de la selección nacional francesa y un grupo control de hockey subacuático, encontrando variaciones en las variables intervenidas en especial la capacidad vital forzada, presión arterial y frecuencia cardiaca donde se presentan diferencias significativas.<sup>21</sup>

Los deportistas de Hockey Subacuático y Apnea, presentaron variaciones en la frecuencia cardiaca durante las diferentes mediciones del presente estudio, las cuales son respuesta a la carga interna fruto de realizar un esfuerzo de 25 metros subacuáticos con aletas a máxima velocidad. De otro lado, se tiene evidencia científica que sugiere que los cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca en situaciones de apnea pueden producir hipercapnia, lo que al parecer disminuiría la contractibilidad cardiaca del miocardio, disminuyendo de esta manera las respuestas maximales a la frecuencia cardiaca en situaciones de apnea voluntaria.

La saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) de los deportistas de hockey subacuático y apnea, además de la presión arterial sistólica del presente estudio, no presentaron variaciones significativas entre reposo y posterior a la apnea de 25 metros; estos resultado concuerdan con lo reportado en otras investigaciones, las cuales reportan que durante ejercicios de Apnea se da una respuesta fisiológica, denominada respuesta de inmersión, la cual disminuye la frecuencia cardiaca, el gasto cardiaco, y aumenta la bradicardia; mientras que la resistencia vascular periférica aumenta; lo que tiene como desenlace el mantenimiento de la saturación de oxígeno<sup>10,22</sup>

La presión arterial sistólica de los deportistas de hockey subacuático y apnea, no presentó variaciones significativas entre reposo y posterior a la apnea de 25 metros lo que concuerda con el resultado de otras investigaciones, la cuales indican que las variaciones en la presión arterial sistólica y diastólica suele estar mediada por la respuesta de buceo que se da al someter el cuerpo a maniobras de apnea<sup>22,23</sup>

Se sugiere continuar con estudios descriptivos con posibles variaciones en el protocolo de medición, para identificar si existen modificaciones en las variables abordadas, además, de la posibilidad de ejecutar estudios experimentales que busquen adaptaciones positivas en las respuestas fisiológicas de acuerdo a la lógica interna de las disciplinas deportivas.

Este estudio logró identificar algunos de las características y comportamiento fisiológicos de las actividades subacuáticas, las cuales podrán aplicarse a los diversos componentes del entrenamiento deportivo, tanto en lo físico, como en lo técnico y lo táctico. Conocer las respuestas fisiológicas en variables como la frecuencia, cardiaca, presión arterial, y capacidad vital forzada, tanto en reposo como en actividad, aporta a los procesos de planificación, control y evaluación del entrenamiento deportivo, buscando la orientación de cargas individuales y colectivas, que permitan mejorar el rendimiento de los atletas.

Este estudio además tuvo algunas limitaciones, en la muestra, la cual fue corta y no fue ajustada por edad y género, lo que no permitió homogeneidad en los grupos, y que posiblemente pudo derivar en el resultado final del mismo.

Se evidenciaron diferencias tanto clínicas como estadísticamente significativas para las variables evaluadas, sin embargo, esto se encuentra relacionado con la diferencia de edad, género y modalidad deportiva que practica el sujeto, esto teniendo en cuenta que en el presente estudio, los deportistas de apnea presentaron valores por encima en relación a los deportistas de hockey subacuático en la mayoría de las variables evaluadas, exceptuando la frecuencia cardíaca

y la saturación de oxígeno, ambas en tiempos 1 y 2. Estos hallazgos permiten identificar las respuestas fisiológicas de los atletas que participan de deportes subacuáticos, lo que permitirá mejorar los procesos de planificación, control y evaluación

del entrenamiento deportivo, además de aportar a la caracterización de la disciplina deportiva, lo que permitirá una orientación de cargas de entrenamiento más adecuadas a las condiciones de los atletas.

## Bibliográficas

1. Manley, L. Apnoeic heart rate responses in humans. *Sports Med.* **9**, 286–310 (1990).
2. Espinoza Quispe, S. M., Liu Injante, L., Melo Torres, J. E., Pernia Gavedia, P. Villaverde Herrera, J. B. Evaluación de la capacidad pulmonar en función del volumen corriente en estudiantes universitarios durante la pandemia por la COVID-19. (2021)
3. Sánchez, T. Concha, I. Estructura y funciones del sistema respiratorio. *Neumol. Pediatr.* **2018**,**13**, 101–106
4. Valencia, B. A. Análisis de la técnica de inhalación glossofaríngea y su incidencia en el rendimiento de la apnea en algunos buzos apneístas a pulmón libre de Colombia.
5. Drobnic, R. *et al.* Valores espirométricos de referencia para los individuos practicantes de deportes acuáticos de alto nivel. *Apunts Med. Esport Castell.* **31**, 195–200 (1994).
6. Gürkan, A. C., Söyler, M. & Subak, E. Efectos de diez semanas de entrenamiento funcional en niños de 8-10 años sobre parámetros respiratorios y motores. *Apunt. Univ.* **12**, 434–448 (2022).
7. Lindholm, P., Sundblad, P. & Linnarsson, D. Oxygen-conserving effects of apnea in exercising men. *J. Appl. Physiol.* **87**, 2122–2127 (1999).
8. Pöyhönen, T. *et al.* Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **34**, 2103–2109 (2002).
9. Escrich, E., Solas, M. & Desola-Ala, J. Fisiología de la respiración en ambientes especiales. *Fisiol. Humana* **3**, 663–81 (2005).
10. Delahoche, J., Delapille, P., Lemaître, F., Verin, E. & Tourny-Chollet, C. Arterial oxygen saturation and heart rate variation during breath-holding: comparison between breath-hold divers and controls. *Int. J. Sports Med.* **26**, 177–181 (2005).
11. González, A. O., Galindo, S. B. & García, M. A. Modificaciones espirométricas en una población que se inicia en el buceo con aire comprimido. *Rev. Andal. Med. Deporte* **1**, 102–107 (2008).
12. Breskovic, T. *et al.* Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers. *J. Appl. Physiol. Bethesda Md* **1985** **111**, 673–678 (2011).
13. Hansel, J. *et al.* Hypoxia and cardiac arrhythmias in breath-hold divers during voluntary immersed breath-holds. *Eur. J. Appl. Physiol.* **105**, 673–678 (2009).

14. Wilmore, J. H. & Costill, D. L. *Fisiología y Del Esfuerzo Y Del Deporte*. (Editorial Paidotribo, 2004).
15. Son, H. *et al.* Effects of static apnea training on pulmonary function, blood lactate response and exercise performance of elite swimmers. *Exerc. Sci.* **29**, 272–280 (2020).
16. Davis, F. M., Graves, M. P., Guy, H. J., Prisk, G. K. & Tanner, T. E. Carbon dioxide response and breath-hold times in underwater hockey players. *Undersea Biomed. Res.* **14**, 527–534 (1987).
17. Cordain, L., Tucker, A., Moon, D. & Stager, J. Lung Volumes and Maximal Respiratory Pressures in Collegiate Swimmers and Runners. *Res. Q. Exerc. Sport* **61**, 70–4 (1990).
18. Prieto, P. Human research ethics committees: their relevance in Colombia today. **36**, (2011).
19. Puri, K. S., Suresh, K. R., Gogtay, N. J. & Thatte, U. M. Declaration of Helsinki, 2008: implications for stakeholders in research. *J. Postgrad. Med.* **55**, 131–134 (2009).
20. Sánchez Sánchez, L. F. El comité de bioética, instancia deliberativa, académica y científica. (2011).
21. Lemaître, F. *et al.* Physiological responses to repeated apneas in underwater hockey players and controls. (2007).
22. Andersson, J. P. A., Linér, M. H., Rünow, E. & Schagatay, E. K. A. Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers. *J. Appl. Physiol.* **93**, 882–886 (2002).
23. Meisenheimer, L., Meisenheimer, J. & Meisenheimer, J. A. Measured Submersion Times in Underwater Hockey Are Inconsistent With Its Classification as an Extreme Apneic Sport. *Cureus* (2023) doi:10.7759/cureus.41816.
24. Manley, L. Apnoeic heart rate responses in humans. *Sports Med.* **9**, 286–310 (1990).  
Carvalho ABPC, Coelho DCM. Natação para crianças: o que motiva os pais a escolherem esta modalidade para seus filhos. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco; 2016.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

**Financiamiento:** Este proyecto no tuvo financiamiento.

**Agradecimientos:** Se extiende el agradecimiento al Club Galápagos, de la ciudad de Medellín, por el aporte significativo en este trabajo.