

FISIOLOGÍA EXTREMA EN NATACIÓN ARTÍSTICA

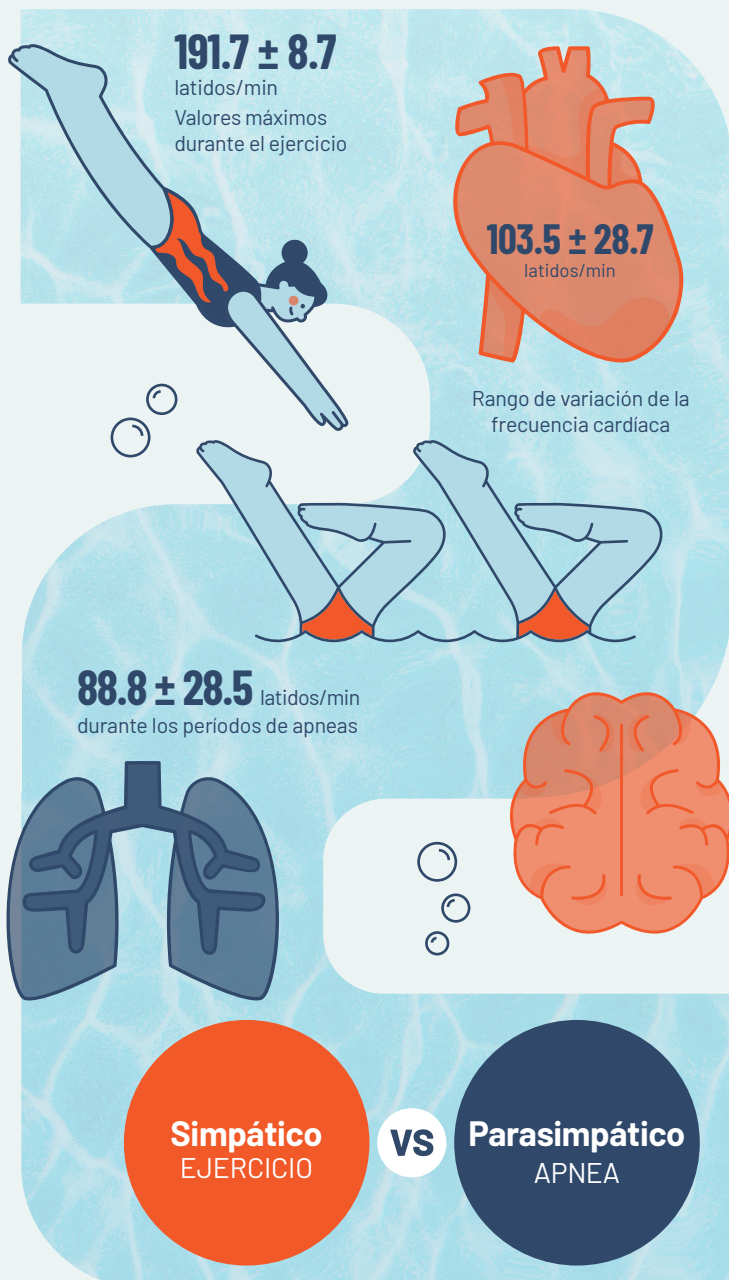


MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



1. Demandas cardiovasculares únicas

Altas demandas cardiovasculares: las rutinas alcanzan frecuencias cardíacas máximas elevadas con episodios de **bradicardia intercalada** debido a las apneas.

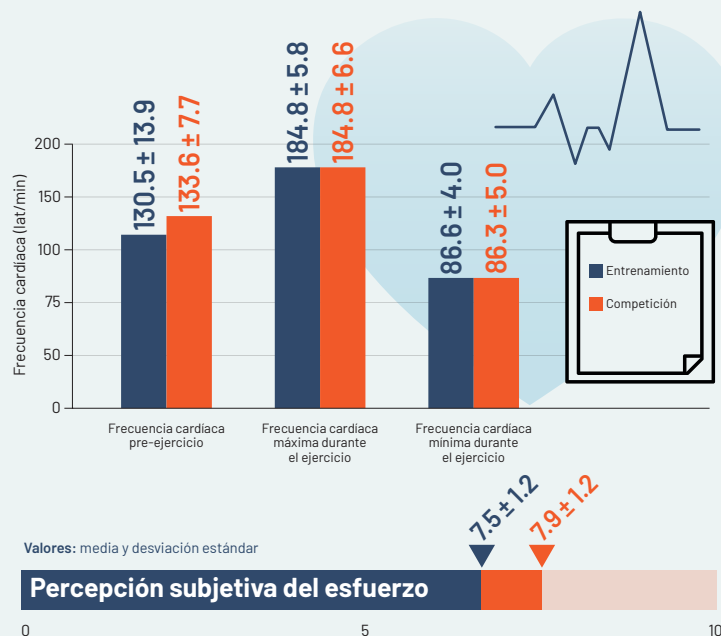


IDEA CLAVE 1

Bajada pronunciada e inmediata de la FC por la apnea y subida por la respiración + ejercicio.

2. Similitud entrenamiento-competición

Los registros de **frecuencia cardíaca (FC)** y **percepción del esfuerzo (RPE)** en situación de entrenamiento y competición en rutinas de dúo de natación artística son muy similares.



Equivalencia entre entrenamiento y competición: las demandas fisiológicas de las rutinas en entrenamiento y competición son similares, tanto en **indicadores objetivos** (frecuencia cardíaca) como **subjetivos** (percepción del esfuerzo, RPE).

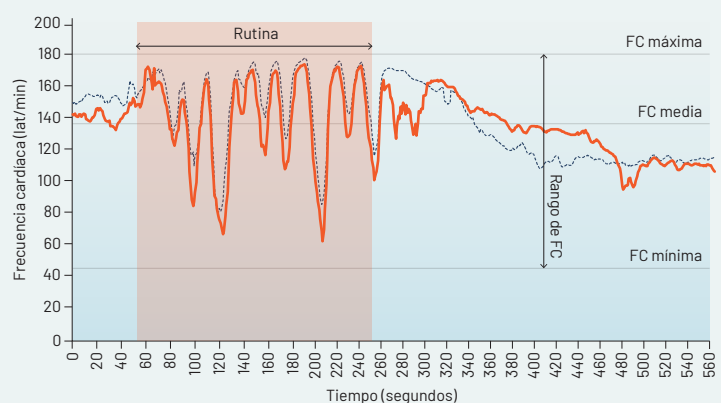


Figura 3. Frecuencia cardíaca antes, durante (sombreado) y después de una rutina de dúo libre realizada durante el entrenamiento (línea azul) y la competición (línea roja) en una de las nadadoras. Datos reales obtenidos durante el entrenamiento y la competición.



IDEA CLAVE 2

El fenómeno es similar en la misma rutina, de la misma nadadora, en el entrenamiento y en la competición.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20e7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriquez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística [Referencia: SYNCPROJECT - 99784] - Financiada por el Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, financiada por el Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) y Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiología extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB); <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>

FISIOLOGÍA EXTREMA EN NATACIÓN ARTÍSTICA



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



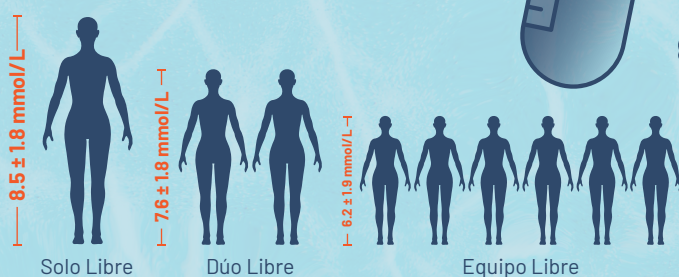
3. Lactato sanguíneo

Acumulación
moderada en todas las rutinas.

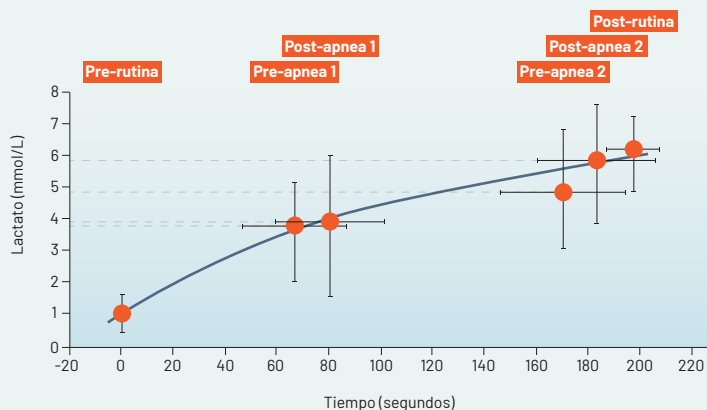
Valores pico
La_{peak}

**7.3 ± 2.7
mmol/L**

Diferencias significativas entre rutinas:



*Valores con muestra de 96 rutinas en situación de competición oficial



El lactato **aumenta progresivamente** de forma significativa ($p < 0.01$) a medida que avanza la rutina de **Dúo Libre** ($n=16$), indicando un **impacto acumulativo del esfuerzo físico**.



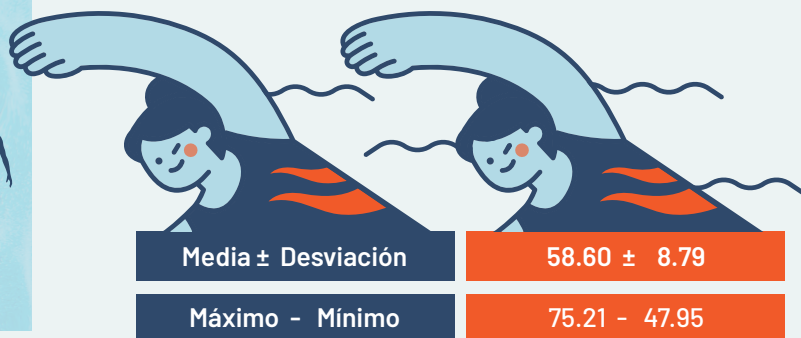
IDEA CLAVE 3

- La acumulación parece deberse principalmente a las altas demandas energéticas del ejercicio, no a las apneas.
- Los valores pico de lactato sanguíneo (**La_{peak}**) se obtienen generalmente entre los 5-7 min del período de recuperación después de las rutinas.

4. Consumo de oxígeno

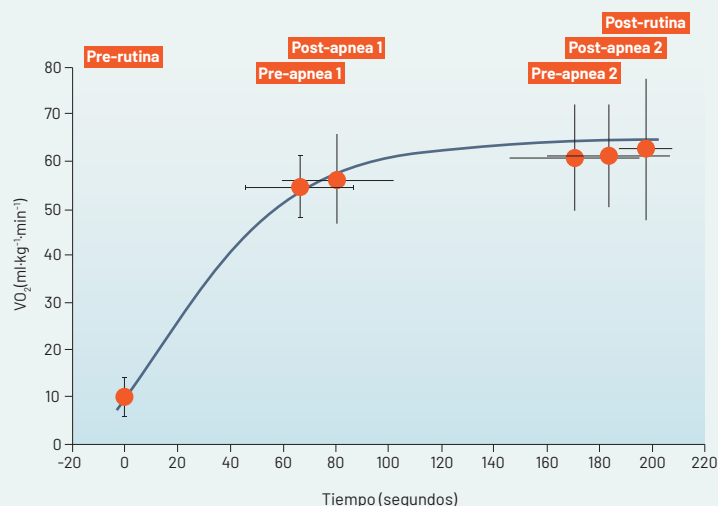
- Rápido aumento del **VO₂** (**capacidad cardiorrespiratoria**) durante el ejercicio.
- No se observaron diferencias en VO₂ antes/después de **apneas prolongadas**.

Valores medios del consumo de oxígeno pico tomados en 5 momentos distintos de una **rutina de Dúo Libre** en **16 nadadoras** de natación artística de élite.



*Valores en mL/min/kg.

Registro de **consumo de oxígeno** realizado fraccionando rutinas de **Dúo Libre** en base a las dos figuras de mayor apnea:



IDEA CLAVE 4

No se observaron diferencias significativas en el VO₂ o el lactato en sangre antes y después de apneas prolongadas.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriguez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística [Referencia: SYNCHROPROJECT - 99784] - Financiada por el Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, financiado por el Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) y Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiología extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB): <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>

FISIOLOGÍA EXTREMA EN NATACIÓN ARTÍSTICA



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y DEPORTES



5. Percepción del esfuerzo

Mayor percepción de esfuerzo asociada a:

- Mayor **duración/frecuencia** de eventos bradicárdicos.
- Frecuencias cardíacas **mínimas** y **medias** más bajas.
- **Mayor** rango de variación de FC.
- **El lactato** correlaciona con la **percepción de esfuerzo**.

El La_{peak} se correlaciona positivamente con las puntuaciones de percepción de esfuerzo (RPE) reportadas por las nadadoras ($R = 0.50$, $P = 0.003$).

Correlaciones

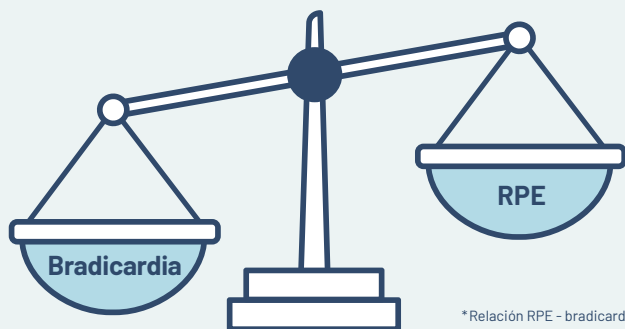
Inversa
con FC mínima
($R = -0.545$)

FC media
($R = -0.452$)

Positiva
con rango de FC
($R = 0.520$)

La_{peak}
($R = 0.50$)

*Rutinas de Solo y Dúo,
tanto técnicas como
libres en nadadoras de
élite ($n = 30$).



*Relación RPE - bradicardia.

RPE como herramienta práctica

La percepción del esfuerzo (RPE) es una alternativa viable para **monitorear la carga interna** de forma no invasiva y económica.



IDEA CLAVE 5

Cuanto más bajas son las frecuencias cardíacas mínimas y medias durante las rutinas, mayor es la percepción de esfuerzo de las nadadoras.

6. Conclusiones: apneas y adaptaciones

La natación sincronizada presenta una respuesta fisiológica única debido a la alternancia entre **ejercicio intenso** y **apneas prolongadas**:

1 Tiempo bajo el agua

- Las nadadoras pasan la mayor parte de la rutina bajo el agua.
- $61.6 \pm 6.4\%$ del tiempo total en apnea.

2 Respuesta cardiovascular

- La inmersión facial y apnea activan rápidamente el sistema parasimpático y causan bradicardia.
- El ejercicio intenso estimula el sistema simpático y aumenta la frecuencia cardíaca.
- Ambos sistemas compiten para controlar la frecuencia cardíaca durante las rutinas.

3 Patrón cardíaco único

- Períodos alternados de taquicardia (por ejercicio) y bradicardia (por inmersión).
- Rápidos aumentos y descensos de la frecuencia cardíaca.
- La natación artística es única porque, aunque la intensidad del ejercicio aumenta, la frecuencia cardíaca de las nadadoras disminuye debido a las apneas.

4 Adaptaciones en nadadoras de élite

- Mayor capacidad para mantener la apnea.
- Respuesta de bradicardia más pronunciada durante la inmersión.
- Sugiere mejor adaptación del sistema parasimpático.



IDEA CLAVE 6

Esta alternancia de valores extremos máximos y mínimos de frecuencia cardíaca se debe a la interacción entre la activación simpática por el ejercicio intenso y la activación parasimpática por las apneas intermitentes durante las rutinas.

Rodríguez-Zamora, L., et al. (2012, 2014a, 2014b): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049098> - <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a20ee7> - <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353177>

Iglesias, X., et al. (2014): <https://archives.rpd-online.com/article/download/v23-n1-iglesias-rodriguez-zamora-et-al/1430-4908-1-PB.pdf>

RED SynchroProject II: Alto rendimiento y salud en mujeres de natación artística [Referencia: SYNCHROPROJECT - 99784] - Financiada por el Consejo Superior de Deportes (Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes) - programa REDES de investigación en ciencias del deporte 2024. SynchroProject, financiado por el Consejo Superior de Deportes (001/UPB10/11) y l'Institut Català de les Dones (U-34/10)

Iglesias, X. (2025). Fisiología extrema en natación artística [Infografía]. SynchroProject. Grup de Recerca en Ciències de l'Esport INEFC Barcelona (GRCEIB): <https://inefc-grceib.cat/synchroproject/>