



**N° de expediente: 008421-000026-25**

**Fecha: 11.08.2025**

**Universidad de la República Uruguay - UDELAR**



**ASUNTO**

**EL MAESTRANDO BRUNO ESCAJAL C.I. 4.638.332 - 3, SOLICITA AVAL PARA TRIBUNAL DE TESIS**

Unidad	SECCIÓN SECRETARÍA COMISIÓN DIRECTIVA - CENTRO MONTEVIDEO - ISEF
Tipo	TRIBUNAL DE POST-GRADOS - APROBACION DE
Carrera:	MAESTRÍA EN EDUCACIÓN FÍSICA
Curso:	-
Plan:	2019
Fecha:	
Período desde:	
Período hasta:	
Nombre:	
Cédula de Identidad:	
Docente:	
Grado:	
Motivo:	

La presente impresión del expediente administrativo que se agrega se rige por lo dispuesto en la normativa siguiente: Art. 129 de la ley 16002, Art. 694 a 697 de la ley 16736, art. 25 de la ley 17.243; y decretos 55/998, 83/001 y Decreto reglamentario el uso de la firma digital de fecha 17/09/2003.-

	<b>Expediente Nro. 008421-000026-25</b> <b>Actuación 1</b>	Oficina: SECCIÓN BEDELÍA DE POSGRADOS - CENTRO MONTEVIDEO - ISEF Fecha Recibido: 11/08/2025 Estado: Cursado
--	---	---

**TEXTO**

PASE A COMISIÓN DE POSGRADO.

Firmado electrónicamente por Suny Soraya Zeballos Perez el 11/08/2025 12:42:22.
---

<b>Nombre Anexo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Fecha</b>
CARTA.pdf	79 KB	11/08/2025 12:41:06
CV CRISTIAN COFRE.pdf	174 KB	11/08/2025 12:41:06
TESIS.pdf	8019 KB	11/08/2025 12:41:06
CV Gastón Gioscia.pdf	66 KB	11/08/2025 12:41:07
CV GUSTAVO GRINSPAN.pdf	453 KB	11/08/2025 12:41:30

Montevideo, 8 de agosto de 2025

Estimados integrantes de la Comisión Académica de Posgrados de ISEF

De mi mayor consideración,

Por la presente, en mi calidad de tutor del Programa de Maestría en Educación Física (ProMEF) del Lic. Bruno Escajal, me dirijo a ustedes a fin de dejar constancia de que la tesis titulada “Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de entrenamiento intervalado en corredores de fondo” se encuentra en condiciones de ser entregada y defendida por el maestrando.

Asimismo, propongo para conformación del tribunal evaluador del trabajo a las siguientes personas:

1) Dr. Gustavo Grinspan – Facultad de Ciencias (UdelaR).

Doctor en Ciencias Biológicas por PEDECIBA. Docente de Facultad de Ciencias e investigador del Laboratorio de Acústica Ultrasonora (CSIC N.º 497725). Investigador del Sistema Nacional de Investigadores. Datos de contacto: [ggrinspan@fcien.edu.uy](mailto:ggrinspan@fcien.edu.uy) (099055150).

2) Dr. Cristian Cofre – Universidad de Santiago (Chile)

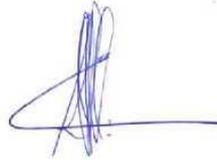
Doctor en Ciencias del Ejercicio por la Universidad de Granada. Profesor Titular e Investigador de la Universidad de Santiago de Chile. Asesor en valoraciones fisiológicas aplicadas al rendimiento deportivo y salud; actualmente asesor de selecciones juveniles de Fútbol de Chile. Datos de contacto: [cristian.cofre@usach.cl](mailto:cristian.cofre@usach.cl) (+56959021777)

3) Dr. Med. Gastón Gioscia.

Doctor en Medicina, especialista en Medicina del Deporte por Facultad de Medicina (UdelaR). Profesor de Educación Física y Diplomado de Especialización en Preparación Física por ISEF. Referente a nivel nacional en fisiología del ejercicio, medicina del deporte y prescripción de ejercicio físico, con amplia experiencia como docente universitario en grado y posgrado. Datos de contacto: [gioscia@gmail.com](mailto:gioscia@gmail.com) (099599920)

A mi entender, el tribunal propuesto reúne una trayectoria académica de relevancia y un conocimiento sustantivo en la temática específica abordada en la tesis. Se adjuntan a la presente los currículos vitae de las tres personas sugeridas.

Quedando a disposición para cualquier consulta adicional, los saludo atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Carlos Magallanes

## Curriculum Vitae

### ANTECEDENTES PERSONALES

Nombre: **CRISTIAN JAVIER COFRE BOLADOS**

Fecha de Nacimiento: 24/12/1974

Nacionalidad: CHILE

Género: Masculino

### INFORMACIÓN DE CONTACTO

E-Mail: cristian.cofre@usach.cl

Teléfono Laboral: 959021777

Dirección para envío de correspondencia: Dirección Laboral

### Dirección Laboral

Dirección: Las Sophoras 175

País: CHILE

Región: Región Metropolitana

Comuna: ESTACIÓN CENTRAL

Código Postal: 442

### ANTECEDENTES ACADÉMICOS

#### Títulos Profesionales

Título: Profesor de Educación Física

Institución: UNIVERSIDAD DE ATACAMA

País de estudios: CHILE

Año de Titulación: 2000

#### Grados Académicos

Tipo de grado: Magíster/Master

Programa de estudios avanzados DEA: Medicina del Deporte

Institución: UNIVERSIDAD MAYOR

País de estudios: CHILE

Año de obtención: 2008

Tipo de grado: Doctorado/PhD

Programa de estudios: DOCTOR EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FISICA

Institución: UNIVERSIDAD DE GRANADA

País de estudios: ESPANA

Año de obtención: 2015

Tipo de grado: Licenciatura/ Bachillerato/Bachelor

Programa de estudios: Licenciatura en Educación

Institución: UNIVERSIDAD DE ATACAMA

Estancia de Post Doctorado: Evaluación y Didáctica de la Educación Física

Institución: UNIVERSIDAD DE GRANADA Departamento de Didáctica de la Educación Física.

Responsable: DR. FELIX ZURITA ORTEGA

## Especializaciones

2004- 2005. Especialización en Pedagogía Deportiva y Psicología del Deporte. ITK Internationaler TrainersKurs. Universidad de Leipzig Alemania.

2007-2009. Diploma de Estudios Avanzados en Ciencias del Ejercicio, Universidad de Córdoba España

## ANTECEDENTES LABORALES

2009 a la Fecha Académico Facultad de Ciencias Médicas ECIADES, Universidad de Santiago, Profesor Titular.

2017 – 2021 Director Escuela de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Universidad de Santiago de Chile. Elegido por pares en dos periodos consecutivos.

2006 – 2021 Académico en la formación de Profesores de Educación Física, Universidad de Santiago de Chile, Universidad Santo Tomas (Santiago).

2017 a la fecha. Jefe de Programa: Especialidad de Medicina del Deporte y la Actividad Física Universidad de Santiago de Chile.

2009 a la fecha. Director del Centro de Ejercicio Adaptado, ACJ Asociación Cristiana de Jóvenes de Santiago.

2003 a 2011. Profesor de Educación Física ACJ. Coordinador en Didáctica de la Iniciación Deportiva.

2002 a 2014. Profesor de Educación Física en Escuela Deportivas Tenis, Fútbol, Squash.

Asesor de Ministerios de Educación, Deporte y Salud de Chile en temas de Educación Física.

Línea de investigación y proyectos FONDEF, DICYT en el área de la Educación Física escolar y su impacto sobre la salud.

Profesor Invitado en Universidad de la Republica Uruguay; Universidad de la Plata Argentina, Universidad San Ignacio de Loyola Perú; Universidad de Granada España; Universidad de Montevideo Uruguay; Universidad San Sebastián Chile; Universidad de Antofagasta Chile; Universidad Santo Tomas Chile.

Expositor en Congresos, Seminarios y eventos nacionales e internacionales.

## ARTICULOS CIENTIFICOS

**Cofre-Bolados, C., Vidal, F., Gutiérrez Espinoza, H., Betancourt-Peters, I., Orihuela, P. A., & Izquierdo, M. (2023).** Periodized Aerobic Training between Thresholds Improves Submaximal Cardiorespiratory Parameters in Octogenarians. *Sports, 11(11)*, 219.

**Cofre-Bolados, C., Ferrari, G., Valdivia-Moral, P., Vidal-Díaz, F., Ramírez-Vélez, R., & Izquierdo-Redin, M. (2022).** Sub Maximal Ergospirometry Parameters in Untrained Non-Frail Octogenarian Subjects. *Medicina, 58(3)*, 378.

Segales, D., **Cofre-Bolados, C., Tuesta, M., & Farias-Valenzuela, C. (2023).** Maximum oxygen consumption and muscle efficiency in non-professional youth and professional adult soccer players  
Consumo máximo de oxígeno y eficiencia muscular en futbolistas juveniles no profesionales y adultos profesionales.

**Cofré-Bolados, C., Rosemblat, M., Barriga-González, D., Farias-Valenzuela, C., Espoz-Lazo, S., & Segales-Gill, D. (2023).** Relación del consumo de oxígeno directo y estimado en el Yo-Yo test de resistencia intermitente en mujeres futbolistas profesionales. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 6-6.

Venegas-Yazigi, R., Bossay-Salinas, C., **Cofré-Bolados, C., Mazzei, L., & Duclos-Bastías, D. (2023).** Analysis of the public financial investment in elite sport in Chile. *Movimiento*, e29038-e29038.

Jofré-Saldía, E., Villalobos-Gorigoitía, Á., **Cofré-Bolados, C., Ferrari, G., & Gea-García, G. M. (2023).** Multicomponent Training in Progressive Phases Improves Functional Capacity, Physical Capacity, Quality of Life, and Exercise Motivation in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Clinical Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(3)*, 2755.

Herrera-Valenzuela, T., Franchini, E., Valdés-Badilla, P., Ojeda-Aravena, A., Pardo-Tamayo, C., Zapata-Huenullán, C., **Cofre-Bolados C., & Sanchez-Ramirez, C. (2023).** Relation between VT1, VT2, and VO2max with the Special Wrestling Fitness Test in Youth Wrestlers: A Short Report. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(3)*.

Rodriguez, I., Espinosa, E. V. P., **Cofre, C., Álvarez, C., Zbinden-Foncea, H., & Castro-Sepulveda, M. (2022).** Effects of an acute dose of antioxidants on glucose metabolism at rest, during exercise, and during a glucose load in healthy young subjects: A randomized, placebo-controlled, double-blind crossover trial.

Fariás-Valenzuela, C., Ferrero-Hernández, P., Ferrari, G., **Cofre-Bolados, C., Espoz-Lazo, S., Álvarez-Arangua, S., ... & Valdivia-Moral, P. (2022).** Effects of Multicomponent Physical Exercise Programs on Physical Fitness in People with Intellectual Disabilities: A Systematic Review. *Sustainability, 14(24)*, 16728.

Ferrari, G., **Cofre Bolados, C., Suárez-Reyes, M., Fariás-Valenzuela, C., Drenowatz, C., Marques, A., & Pizarro, T. (2022).** Asociación de indicadores de actividad física, fuerza muscular y obesidad con el autoconcepto en niños chilenos. *Nutrición Hospitalaria, 39(5)*, 1004-1011.

Fariás-Valenzuela, C., Ferrari, G., Espoz-Lazo, S., Ferrero-Hernández, P., Jofré-Saldía, E., Álvarez-Arangua, S., **Cofre Bolados C., & Valdivia-Moral, P. (2022).** Anthropometric indicators of the cardiometabolic risk, muscle strength, and functional capacity of schoolchildren with intellectual disabilities during lockdown in Chile. *Children, 9(9)*, 1315.

**Cofre-Bolados, C., Ferrari, G., Valdivia-Moral, P., Vidal-Díaz, F., Ramírez-Vélez, R., & Izquierdo-Redin, M. (2022).** Sub Maximal Ergospirometry Parameters in Untrained Non-Frail Octogenarian Subjects. *Medicina, 58(3)*, 378.

**Cofre-Bolados, C., Ferrari, G., Suárez-Reyes, M., Quintiliano Scarpelli Dourado, D., Diaz-Peña, H., & Pizarro, T. (2021).** Muscular Strength of Upper and Lower Limbs and Self-Esteem in Chilean

SchoolChildren: Independent Associations with Body Composition Indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 361.

Ferrari, G. L. D. M., Oliveira Werneck, A., Rodrigues da Silva, D., Kovalskys, I., Gómez, G., Rigotti, A., **Cofre Bolados Cristian** & Fisberg, M. (2020). Socio-demographic correlates of total and domain-specific sedentary behavior in latin America: A population-based study. *International journal of environmental research and public health*, 17(15), 5587.

Garcia-Hermoso, A., **Cofre-Bolados, C.**, Andrade-Schnettler, R., Ceballos-Ceballos, R., Fernández-Vergara, O., Vegas-Heredia, E. D., ... & Izquierdo, M. (2021). Normative reference values for handgrip strength in Chilean children at 8–12 years old using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 260-266.

**Cofré-Bolados, C.**, Reuquen-López, P., Herrera-Valenzuela, T., Orihuela-Díaz, P., Garcia-Hermoso, A., & Hackney, A. C. (2019). Testosterone and Cortisol Responses to HIIT and Continuous Aerobic Exercise in Active Young Men. *Sustainability*, 11(21), 6069.

Zurita-Ortega, F., Chacon-Cuberos, R., **Cofre-Bolados, C.**, Knox, E., & Muros, J. J. (2019). Relationship of resilience, anxiety and injuries in footballers: Structural equations analysis (vol 13, e0207860, 2018). *PLOS ONE*, 14(2).

Zurita-Ortega, F., Chacón-Cuberos, R., Fernández-Sánchez, M., **Cofre-Bolados, C.**, Navarro-Zurita, M. C., & Castro-Sánchez, M. (2019). Effects of Postural Education and Physical Activity on UCLA Evaluation and Health Status in Adults from Chile: An Intervention Program. *Education Sciences*, 9(1), 1.

Cuberos, R. C., Ortega, F. Z., Molero, P. P., Knox, E., **Cofre-Bolados C.**, Garófano, V. V., & Molina, J. J. M. (2018). Relationship between Healthy Habits and Perceived Motivational Climate in Sport among University Students: A Structural Equation Model. *Sustainability*, 10(4), 1-10. Díaz-Vegas,

**Cofre-Bolados, C.**, Rosales, W. D., & Espinoza-Salinas, A. (2018). Validation of the ST3x1 Step Test as an estimator of peak VO<sub>2</sub> in adults with cardiovascular risk factors. *Revista Salud Uninorte*, 34(3), 581-588.

A., Espinoza, A., **Cofré, C.**, & Sánchez-Aguilera, P. (2018). Eccentric resistance training reduces both non-response to exercise and cardiovascular risk factors in adult with overweight or obesity. *Science & Sports*.

Zurita Ortega, F., Castro Sánchez, M., Chacón Cuberos, R., Cachón Zagalaz, J., **Cofré Bolados, C.**, Knox, E., & Muros, J. J. (2018). Analysis of the Psychometric Properties of Perceived Motivational Climate in Sport Questionnaire and Its Relationship to Physical Activity and Gender Using Structural Equation Modelling. *Sustainability*, 10(3), 632.

Zurita-Ortega, F., Castro-Sánchez, M., Rodríguez-Fernández, S., Cofré-Bolados, C., ChacónCuberos, R., Martínez-Martínez, A., & Muros-Molina, J. J. Título: Actividad física, obesidad y autoestima en escolares chilenos: Análisis mediante ecuaciones estructurales. Revista: REVISTA MEDICA DE CHILE ISSN: 0034-9887 Año: 2017 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 299 Página Final: 308 Indización: ISI

Muros, J. J., **Cofre-Bolados, C.**, Arriscado, D., Zurita, F., & Knox, E. Título: Mediterranean diet adherence is associated with lifestyle, physical fitness, and mental wellness among 10-yolds in Chile Revista: NUTRITION ISSN: 0899-9007 Año: 2017 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 87 Página Final: 92 Indización: ISI

**Cofré-Bolados**, C., Sánchez-Aguilera, P., Zafra-Santos, E., & Espinoza-Salinas, A. Título: Entrenamiento aeróbico de alta intensidad: Historia y fisiología clínica del ejercicio Revista: Revista de la Universidad Industrial de Santander. salud ISSN: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 275 Página Final: 284 Indización: SciELO

Ortega, F. Z., Garcés, T. E., Bolados, **Cofre C.**, Martínez, A. M., Sánchez, M. C., & Cuberos, R. C. Título: Influencia de la actividad física sobre la resiliencia en adultos con dolor de hombro Revista: SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte ISSN: Año: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 53 Página Final: 58 Indización: Latindex

Valdivia-Moral, P., Zafra, E., Zurita, F., Castro-Sánchez, M., Muros, J. J., & **Cofre-Bolados, C.** Título: anxiety levels y Chilean Judo. Revista: Journal of Sport and Health Research ISSN: Año: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 129 Página Final: 138 Indización: Latindex

Muros, J. J., **Cofre-Bolados, C.**, Zurita-Ortega, F., Castro-Sánchez, M., Linares-Manrique, M., & ChacónCuberos, R. Título: Relación entre condición física, actividad física y diferentes parámetros antropométricos en escolares de Santiago Revista: Nutrición Hospitalaria ISSN: Año: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 314 Página Final: 318 Indización: ISI

Muros, J. J., **Cofre-Bolados, C.**, Salvador-Pérez, S., Castro-Sánchez, M., Valdivia-Moral, P., & PérezCortés, A. Título: Relación entre nivel de actividad física y composición corporal en escolares de Santiago Revista: Journal of Sport and Health Research ISSN: Año: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 65 Página Final: 74 Indización: Latindex

Rosales, W., **Cofré, C.**, Alejandra, C., Bertona, C., Vizcaya, A., González, J., ... & Rodríguez, M. Título: Validación de la escala de Borg en personas con diabetes mellitus tipo 2 Revista: REVISTA MEDICA DE CHILE ISSN: 0034-9887 Año: 2016 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 1159 Página Final: 1163 Indización: ISI

Espinoza-Salinas Alexis, Zafra-Santos Edson ,Pavez-Von Martens Gustavo , **Cofré-Bolados Cristian**, Lemus-Zúñiga Jorge , Sánchez-Aguilera Pablo Título: Análisis de variabilidad del ritmo cardiaco y su relación con la sensibilidad insulínica en pacientes obesos y con sobrepesos Revista: Rev Med Chile ISSN: Año: 2015 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 1173 Página Final: 1179 Indización: ISI DOI/URL: Rev Med Chile 2015; 143:

R. A. Aguilera Eguía; E. O. Zafra Santos; D. K. Rojas López; P. A. Saavedra Rozas; **C. Cofre Bolados** Título: Efectividad del láser de baja frecuencia en el tratamiento del dolor en pacientes con epicondialgia lateral: un overview de revisiones sistemáticas Revista: Revista de la Sociedad Española del Dolor ISSN: Año: 2015 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 39 Página Final: 47 Indización: SciELO

Alexis Espinoza Salinas; Raúl Aguilera Eguía; **Cristian Cofre Bolados**; Edson Zafra Santos; Gustavo Pavéz Von Martens Título: El entrenamiento aeróbico de intervalo de alta intensidad mejora el consumo de oxígeno peak en pacientes con síndrome metabólico: CAT Revista: Medwave ISSN: Año: 2014 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 1 Página Final: 7 Indización: PubMed

Alexis Espinoza Salinas; Pablo Sánchez Aguilera; Edson Zafra Santos; **Cristian Cofre Bolados**; Hugo Prado Núñez; Gustavo Pavez Von Martens Título: Entrenamiento de fuerza isométrica para la disminución de la presión arterial sistólica: CAT Revista: Medwave ISSN: Año: 2014 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 1 Página Final: 10 Indización: PubMed DOI/URL: <http://dx.doi.org/10.5867/medwave.2014.08.6017>

R. A. Aguilera Eguía; E. O. Zafra Santos; F. A. Araya Quintanill, L. E. Gómez Carreño; J. X. Soto Aliaga; A. Vargas Varga; **C. J. Cofré Bolados**; A. R. Espinoza Salinas; G. A. Pavez von Martens; T. Aguilera Eguía; M. Di Santo Título: Uso del taping en el manejo clínico de sujetos con pinzamiento

sub-acromial: revisión sistemática Revista: Revista de la Sociedad Española del Dolor ISSN: Año: 2014 Estado de publicación: Publicada Página Inicial: 39 Página Final: 49 Indización: SciELO

R. Aguilera Eguía; E. Zafra Santos; G. Pavez Von Martens; C. Rojas Sepúlveda; G. Aguayo Alcayala; D., Sánchez León; **C. Cofre Bolados**; A. Espinoza Salinas Título: Hacia la perspectiva GRADE Revista: Revista de la Sociedad Española del Dolor ISSN: Estado de publicación: Aceptada Indización: SciELO Capítulos de libros

J.J. Muros, **C. Cofre-Bolados**, F. Zurita-Ortega, E. Knox Título del capítulo: Relationship between physical activity, BMI, screen time and self-esteem on Chilean children. Título del libro: Self-Esteem: Perspectives, Influences and Improvement Strategies Estado del capítulo: Publicada Editorial del libro: NOVA Editor(es) del libro: Franklin Holloway País, ciudad de Publicación del libro: REINO UNIDO DE GB E IRLANDA DEL NORTE



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Universidad de la República (Udelar)  
Instituto Superior de Educación Física (ISEF)  
Programa de Maestría en Educación Física (ProMEF)

Bruno Andrés Escajal Ceballos

Grupo de Investigación Deporte y Rendimiento (N.º 883101)

---

**Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos  
de entrenamiento intervalado en corredores de fondo**

Montevideo, Uruguay

2025

Bruno Andrés Escajal Ceballos

**Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de  
entrenamiento intervalado en corredores de fondo**



**UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY**

Director: Dr. Carlos Alberto Magallanes Mira  
Prof. Agdo. Dpto. Educación Física y Salud. ISEF – UDELAR.

**FICHA DE CATALOGACIÓN DEL TRABAJO**

Bruno Andrés Escajal Ceballos

**Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de  
entrenamiento intervalado en corredores de fondo**

Tesis presentada al Programa de Maestría en Educación Física de la Universidad de la República, como requisito parcial para obtener el título de Magister en Educación Física.

Área de concentración: Educación Física y Deporte

Aprobada en ciudad, mes del año.

Tribunal compuesto por:

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Nombre Completo (Director)**

Universidad de la República

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Nombre Completo (Co-Director)(a)**

Universidad de la República

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Nombre Completo (miembro externo)**

Universidad de la República

## AGRADECIMIENTOS

A Carlos, por tu confianza y apoyo permanente. Gracias por allanar el camino y guiarnos en la posibilidad de construir una carrera académica, investigando y enseñando sobre estos temas que tanto nos apasionan.

Gracias Andrés, y a todo el Grupo Deporte y Rendimiento, es un placer trabajar con ustedes cada día. Nos queda mucho camino por recorrer juntos.

A ISEF, a UdelaR, a ANII y a CSIC, por el apoyo y respaldo institucional.

A Mauricio, compañero de mil batallas, por tus aportes en el estudio y tu apoyo constante.

A Nega, por compartir tu tiempo y experiencia durante la recolección de datos. Gracias por enseñarnos de tu orden y rigurosidad para trabajar.

Gracias a todo el Grupo de Investigación LIEBRE. Especialmente a Mariana, por tu colaboración en el estudio y durante todo el posgrado.

Agradezco especialmente a los atletas y entrenadores que participaron con esfuerzo y entusiasmo en la investigación. Sin ustedes, nada hubiese sido posible. Gracias Patricio por tu destacada colaboración.

Gracias mamá, papá, Mauro y Erika. Gracias Paula.

## DEDICATORIA

A Mary, mi abuela, que a fuerza de pasar muchas horas a mi lado estudiando, me transmitió desde niño la pasión por aprender.

*“Vos tenés que leer mucho hasta que el tema se te empiece a ordenar solo en la cabeza”*

## Resumen

**Introducción:** El entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT) es ampliamente utilizado por corredores de fondo, ya que permite acumular más tiempo a intensidades elevadas, en comparación con los métodos continuos, sin incrementar excesivamente la carga total. No obstante, pocos estudios bien controlados han comparado los efectos de distintos protocolos HIIT en corredores altamente entrenados.

**Objetivo:** Describir y comparar las respuestas fisiológicas, perceptivas y de fatiga aguda inducidas por tres protocolos HIIT que difieren en la duración de los intervalos, pero que son equivalentes en volumen total y relación trabajo/pausa.

**Métodos:** Veinte corredores de fondo entrenados (10 hombres y 10 mujeres,  $31.4 \pm 5.4$  años) realizaron tres sesiones HIIT en pista: (1) protocolo de entrenamiento largo (PEL): 5x1200 m con 3'30" de pausa; (2) protocolo de entrenamiento medio (PEM): 15x400 m con 1'10" de pausa; y (3) protocolo de entrenamiento corto (PEC): 60x100 m con 18" de pausa. Las mediciones incluyeron consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), frecuencia cardíaca (FC), tiempo por encima del 90% del  $VO_{2\text{máx}}$  y  $FC_{\text{máx}}$ , frecuencia respiratoria (FR), percepción del esfuerzo (RPE), preferencia del atleta frente a los protocolos, variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y altura del salto con contramovimiento (CMJ). Para evaluar y comparar las respuestas fisiológicas, perceptivas y de fatiga aguda de los protocolos de entrenamiento, se realizaron ANOVAs de medidas repetidas y pruebas no paramétricas, según correspondiera.

**Resultados:** PEL generó el mayor  $VO_2$  medio durante el esfuerzo y el mayor tiempo en "zona roja" ( $\geq 90\% VO_{2\text{máx}}$ ), pero también fue percibido como el más exigente y el de menor preferencia. PEM mostró respuestas intermedias en la mayoría de las variables y fue el de mayor preferencia entre los atletas. PEC permitió correr más rápido y por más tiempo sobre el 90% de la  $FC_{\text{máx}}$  y fue percibido como el menos exigente; a su vez, presentó el menor  $VO_2$  medio durante el esfuerzo, el menor RPE y la mayor duración total de la sesión. Al considerar el tiempo de esfuerzo, no se observaron diferencias significativas en la FC media entre los protocolos. Tampoco

se observaron diferencias significativas en las disminuciones en la altura del CMJ y en la VFC que se registraron post entrenamiento.

**Conclusión:** Los tres protocolos fueron eficaces para alcanzar zonas de alta intensidad, pero con perfiles fisiológicos y perceptivos distintos. PEL se destacó como el más eficaz para estimular la potencia aeróbica y por ser el más exigente; PEM por ofrecer el mayor equilibrio entre carga fisiológica y respuestas perceptivas; y PEC por favorecer velocidades altas con menor percepción de esfuerzo. Estos hallazgos pueden orientar la programación de HIIT en función de los objetivos específicos, considerando tanto la eficacia fisiológica como las respuestas perceptivas de los deportistas

**Palabras Clave:** Atletismo. HIIT. Entrenamiento de resistencia.

**Abstract**

**Introduction:** High-intensity interval training (HIIT) is widely used by long-distance runners, as it allows for greater accumulated time at high intensities compared to continuous methods, without excessively increasing the total training load. However, few well-controlled studies have compared the effects of different HIIT protocols in well-trained runners.

**Objective:** To describe and compare the physiological, perceptual, and acute fatigue responses induced by three HIIT protocols differing in interval duration but matched for total volume and work-to-rest ratio.

**Methods:** Twenty trained long-distance runners (10 men and 10 women,  $31.4 \pm 5.4$  years) completed three HIIT sessions on a track: (1) long-interval protocol (LIP): 5x1200 m with 3'30" rest; (2) medium-interval protocol (MIP): 15x400 m with 1'10" rest; and (3) short-interval protocol (SIP): 60x100 m with 18" rest. Measurements included oxygen consumption ( $VO_2$ ), heart rate (HR), time above 90% of  $VO_{2max}$  and HRmax, respiratory rate (RR), rating of perceived exertion (RPE), athlete preference, heart rate variability (HRV), and countermovement jump (CMJ) height. Repeated measures ANOVA and non-parametric tests were used, as appropriate, to assess and compare physiological, perceptual, and acute fatigue responses.

**Results:** LIP elicited the highest average  $VO_2$  during effort and the most time in the "red zone" ( $\geq 90\%$   $VO_{2max}$ ), but was also rated as the most demanding and least preferred. MIP produced intermediate responses across most variables and was the most preferred by athletes. SIP allowed higher running speeds and longer time above 90% HRmax, was perceived as the least demanding, showed the lowest average  $VO_2$  during effort, the lowest RPE, and the longest total session duration. No significant differences in mean HR during effort were found across protocols. Similarly, post-training reductions in CMJ height and HRV did not differ significantly among protocols.

**Conclusion:** All three protocols were effective in reaching high-intensity training zones, but showed distinct physiological and perceptual profiles. LIP was most effective for stimulating aerobic power and was the most demanding; MIP offered the best balance between physiological load and perceptual responses; and SIP

promoted higher speeds with lower perceived exertion. These findings can guide the programming of HIIT based on specific objectives, taking into account both physiological effectiveness and athletes' perceptual responses.

**Keywords:** Athletics. HIIT. Endurance training.

## Lista de Ilustraciones

<b>Figura 1</b> – Modelo trifásico de intensidad del ejercicio .....	<b>20</b>
<b>Figura 2</b> – Variables que se pueden manipular para prescribir sesiones HIIT.....	<b>27</b>
<b>Figura 3</b> – Rango de intensidad utilizado para los distintos formatos de entrenamiento de alta intensidad basados en carrera. ....	<b>28</b>
<b>Figura 4</b> – Media de $VO_2/kg$ según protocolo y fase del entrenamiento .....	<b>48</b>
<b>Figura 5</b> – Media de FC según protocolo y fase del entrenamiento.....	<b>49</b>
<b>Figura 6</b> – Evolución del $VO_2/kg$ por protocolo: en hombres y en mujeres .....	<b>52</b>
<b>Figura 7</b> – Evolución de la FC por protocolo: en hombres y en mujeres.....	<b>53</b>
<b>Figura 8</b> – Media de tiempo sobre el 90% del máximo de $VO_2/kg$ y FC.....	<b>54</b>
<b>Figura 9</b> – Media de tiempo hasta alcanzar el 90% del máximo de $VO_2/kg$ y FC .....	<b>54</b>
<b>Figura 10</b> – Mediana de la RPE para cada protocolo por consulta .....	<b>54</b>
<b>Figura 11</b> – Mediana de la RPE respiratorio para cada protocolo.....	<b>55</b>
<b>Figura 12</b> – Mediana de la RPE de piernas para cada protocolo.....	<b>56</b>
<b>Figura 13</b> – Comparativa entre altura de saltos CMJ pre y post por protocolo.....	<b>58</b>
<b>Figura 14</b> – Comparativa de rMSSD pre y post por protocolo .....	<b>59</b>

**Listas de Tablas**

<b>Tabla 1</b> – Protocolos de entrenamiento .....	<b>38</b>
<b>Tabla 2</b> – Características de los sujetos .....	<b>44</b>
<b>Tabla 3</b> – Resultados evaluación inicial .....	<b>45</b>
<b>Tabla 4</b> – Velocidades de desplazamiento: equiparados cada 100 metros.....	<b>46</b>
<b>Tabla 5</b> – Media de VO <sub>2</sub> /kg, FC y FR (± DE) por fase de entrenamiento .....	<b>47</b>
<b>Tabla 6</b> – Diferencias de valores medios de VO <sub>2</sub> /kg y FC entre protocolos .....	<b>48</b>
<b>Tabla 7</b> – Media de VO <sub>2</sub> /kg, FC y FR (± SD) por fase distinguido por sexo .....	<b>50</b>
<b>Tabla 8</b> – Tiempos en “zona roja” según protocolos .....	<b>51</b>
<b>Tabla 9</b> – Escala de Preferencia .....	<b>57</b>

### Lista de abreviaturas y siglas

<b>CMJ</b>	Salto con contramovimiento. <i>(En inglés, Contramovement Jump)</i>
<b>EC</b>	Economía de carrera
<b>FC</b>	Frecuencia cardíaca
<b>FCmáx</b>	Frecuencia cardíaca máxima
<b>FR</b>	Frecuencia Respiratoria
<b>GC</b>	Gasto cardíaco
<b>HIIT</b>	Entrenamiento interválico de alta intensidad. <i>(En inglés, High Intensity Interval Training)</i>
<b>PEC</b>	Protocolo de entrenamiento corto
<b>PEL</b>	Protocolo de entrenamiento largo
<b>PEM</b>	Protocolo de entrenamiento medio
<b>rMSSD</b>	Raíz cuadrada de medias de diferencias sucesivas <i>(En inglés: Root mean square of successive differences)</i>
<b>RPE</b>	Percepción subjetiva del esfuerzo. <i>(En inglés, rate of perceived exertion)</i>
<b>T@VO<sub>2</sub>máx</b>	Tiempo en segundos en el cuál un atleta se encuentra por encima del 90 % de su consumo máximo de oxígeno o “zona roja”
<b>vVO<sub>2</sub>máx</b>	Vel. de carrera necesaria para alcanzar el VO <sub>2</sub> máx
<b>VFC</b>	Variabilidad de la frecuencia cardíaca
<b>VO<sub>2</sub></b>	Consumo de oxígeno
<b>VO<sub>2</sub>máx</b>	Consumo máximo de oxígeno
<b>VO<sub>2</sub>pico</b>	Consumo pico de oxígeno obtenido en una evaluación incremental máxima
<b>VS</b>	Volumen sistólico
<b>VT1</b>	Umbral ventilatorio 1. <i>(En inglés: ventilatory threshold 1)</i>
<b>VT2</b>	Umbral ventilatorio 2. <i>(En inglés: ventilatory threshold 2)</i>

:

## Tabla de contenidos

<b>1. Introducción y problema de investigación</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Pregunta, objetivos e hipótesis</b> .....	<b>16</b>
2.1 Pregunta de investigación.....	16
2.2 Objetivos.....	16
2.3 Hipótesis.....	17
<b>3. Marco teórico y conceptual</b> .....	<b>18</b>
3.1 Las carreras de fondo en atletismo y la evolución del HIIT .....	18
3.2 Factores determinantes del rendimiento en corredores de fondo.....	20
3.3 El HIIT y antecedentes de investigaciones en corredores de fondo .....	26
3.4 Valoración del estrés posterior al entrenamiento .....	33
3.5 Preferencia del entrenamiento por parte de los deportistas .....	34
<b>4. Reseña metodológica</b> .....	<b>36</b>
4.1 Participantes.....	36
4.2 Protocolo experimental.....	37
4.2.1 Evaluación Inicial.....	37
4.2.2 Sesiones de entrenamiento .....	38
4.2.3 Mediciones durante e inmediatamente posterior al entrenamiento .....	39
4.2.4 Mediciones pre y post entrenamiento .....	40
4.3 Análisis de datos.....	41
<b>5. Resultados</b> .....	<b>44</b>
5.1 Características de los atletas.....	44
5.2 Respuestas de los tres protocolos de entrenamiento.....	46
5.2.1 Variables fisiológicas .....	46
5.2.2 Percepción subjetiva del esfuerzo .....	54
5.2.3 Preferencias de entrenamiento .....	56
5.2.4 Registros pre y post entrenamiento .....	58
<b>6. Discusión</b> .....	<b>60</b>
<b>7. Conclusiones</b> .....	<b>68</b>
<b>8. Futuras líneas de investigación</b> .....	<b>70</b>
<b>9. Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>71</b>
<b>10. ANEXOS</b> .....	<b>76</b>

## 1. Introducción y problema de investigación

En atletismo, se consideran carreras de fondo a aquellas pruebas que abarcan desde los 5.000 metros hasta el maratón (42.195 m). El objetivo principal en estas competencias es recorrer la distancia en el menor tiempo posible, lo cual exige sostener ritmos de carrera elevados durante períodos prolongados. Por esta razón, la mayor parte del tiempo de entrenamiento se destina a mejorar el estado de forma del deportista, a diferencia de otras disciplinas deportivas donde se prioriza el desarrollo de las habilidades técnico-tácticas (Laursen & Buchheit, 2018).

Desde el punto de vista fisiológico, estas pruebas están dominadas por la vía energética oxidativa. El rendimiento se asocia estrechamente con indicadores como el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx), la posibilidad de ejercitarse durante un tiempo prolongado a intensidades cercanas a ese  $VO_2$ máx (lo cual está asociado a los umbrales metabólicos), la economía de carrera y la capacidad para mantener una técnica eficiente bajo condiciones de fatiga (Kenney et al., 2022). Además, factores morfológicos como el somatotipo de predominio ectomorfo —baja masa corporal relativa a la estatura— favorecen el desempeño en estas pruebas, el cual se debe a una combinación entre predisposición genética, alimentación y el propio entrenamiento de alto volumen (Laursen & Buchheit, 2018).

Dentro de los planes de entrenamiento para fondistas, el trabajo intervalado de alta intensidad (conocido en inglés como *High-Intensity Interval Training*, o por su sigla: HIIT) ocupa un lugar de destaque. Este tipo de entrenamiento, que alterna períodos breves de esfuerzo intenso con pausas activas o pasivas de recuperación, suele aplicarse entre una y tres veces por semana, complementando los entrenamientos continuos (Daniels, 2014; Haugen et al., 2022). Los períodos de esfuerzo suelen durar entre varios segundos y pocos minutos, y se realizan a una intensidad entre el segundo umbral ventilatorio (alrededor del 80 al 90% del  $VO_2$ máx) y el 110% del  $VO_2$ máx (Billat, 2001; Tschakert & Hofmann, 2013).

Una particularidad del HIIT es que permite acumular mayor tiempo de esfuerzo a altas intensidades, en comparación con los métodos continuos, optimizando así el

estímulo fisiológico sin incrementar excesivamente la carga total de entrenamiento (Coates et al., 2023; Milanović et al., 2015).

El HIIT resulta particularmente efectivo para incrementar el  $VO_2$ máx y la velocidad o potencia asociada al mismo, así como también para elevar los umbrales ventilatorios, contribuyendo al mantenimiento y mejora del rendimiento competitivo, incluso permitiendo disminuir el volumen semanal de entrenamiento (Esfarjani & Laursen, 2007; López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

Estos beneficios del HIIT se explican por los efectos agudos que produce. Durante los intervalos intensos, la frecuencia cardíaca (FC), el volumen sistólico (VS) y el gasto cardíaco (GC) se acercan a sus valores máximos. A nivel muscular, ocurre un importante reclutamiento de fibras musculares tipo II, cuyo metabolismo predominantemente glucolítico (no oxidativo) conduce a un marcado aumento de la acidosis del medio interno. A su vez, se estimula el sistema simpático-adrenal, aumenta el nivel circulante de la hormona de crecimiento y se potencia la glucogenólisis (López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

A pesar que el HIIT está muy extendido en los programas de entrenamientos de los fondistas, la diversidad de protocolos utilizados (diferencias en volumen, intensidad, duración, pausas, etc.) y la escasez de estudios bien controlados, conlleva a que aún haya muchas interrogantes respecto a qué protocolos (combinaciones de intensidades y duraciones de los períodos de esfuerzo y recuperación) son los más efectivos para inducir adaptaciones específicas (Tschakert & Hofmann, 2013). Por ejemplo, para la práctica del entrenamiento, resulta interesante explorar qué tipo de protocolo permite mantener mayores velocidades de carrera durante la sesión, sosteniendo un alto consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), con niveles de acidez y percepción de esfuerzo tolerables.

En función de lo expuesto, se propuso un estudio con atletas de fondo, que comparó tres protocolos HIIT con intervalos de diferente longitud: largos (1200 m), medios (400 m) y cortos (100 m). Los protocolos se equipararon en el volumen total (6.000 m) y se estandarizó un tiempo de pausa próximo a igualar la relación trabajo/pausa

1:1. En todos los casos, se indicó a los atletas correr al máximo ritmo sostenible para completar la totalidad de las pasadas.

Cabe destacar que los dos primeros protocolos son comúnmente utilizados por los corredores de fondo; en cambio, el protocolo de intervalos cortos es menos habitual en esta población. Además, en la bibliografía consultada no se encontraron antecedentes de investigaciones que hubieran evaluado, en corredores de fondo altamente entrenados, protocolos de HIIT con tiempos de trabajo menores a 30 segundos y pausas de duración similar.

Un valor agregado del presente estudio es su realización en un contexto de entrenamiento real, específicamente en pista y con atletas experimentados, lo cual aumenta su validez externa (ecológica) y aplicabilidad práctica, y lo distingue de estudios similares realizados en laboratorio o con poblaciones menos entrenadas.

## 2. Pregunta, objetivos e hipótesis

La pregunta, objetivos e hipótesis que nos propusimos abordar en el estudio son los siguientes:

### 2.1 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos fisiológicos agudos, la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) y la preferencia de tres protocolos HIIT, con intervalos de esfuerzo de distinta duración (larga, media y corta), equiparados en volumen total y con una relación trabajo/pausa cercana a 1:1?

### 2.2 Objetivos

General: Describir y comparar, en atletas de fondo de ambos sexos, las respuestas fisiológicas, de la RPE y de preferencia de tres protocolos HIIT con intervalos de esfuerzo de distinta duración (larga, media y corta), equiparados en volumen total y con una relación trabajo/pausa cercana a 1:1.

Específicos:

- 1) Describir y comparar, durante el tiempo total de trabajo, el tiempo de esfuerzo y el tiempo de pausa el comportamiento de las siguientes variables:
  - (I) Consumo de oxígeno ( $VO_2$ )
  - (II) Frecuencia cardíaca (FC)
  - (III) Frecuencia respiratoria (FR)
  - (IV) Percepción subjetiva de esfuerzo (RPE)
  - (V) Velocidad media de desplazamiento, durante el esfuerzo
  - (VI) Concentración de lactato en sangre
  
- 2) Describir y comparar en cada protocolo, previo y posterior al entrenamiento, las siguientes variables:
  - (VII) Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC).
  - (VIII) Altura de salto con contramovimiento (CMJ)
  
- 3) Reportar la preferencia de entrenamiento manifestada por los atletas, una vez finalizada la intervención.

### 2.3 Hipótesis

Con base en los antecedentes bibliográficos revisados y en la experiencia práctica de los autores del presente trabajo como entrenadores y atletas, se establecieron las siguientes hipótesis:

- Durante los intervalos de esfuerzo, se observarán valores medios de  $VO_2$  y FC más elevados en el protocolo de entrenamiento largo (PEL), seguidos por el protocolo de entrenamiento medio (PEM) y finalmente por el protocolo de entrenamiento corto (PEC).
- Considerando la totalidad de la sesión (esfuerzo + pausa), el  $VO_2$  medio y la FC media serán mayores en PEC, seguido por PEM y finalmente por PEL.
- PEL será el protocolo en el que los atletas permanecerán durante más tiempo a intensidades iguales o superiores al 90% del  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $T@VO_{2m\acute{a}x}$ ).
- La concentración de lactato sanguíneo presentará valores superiores en PEM, seguidos por PEL y finalmente por PEC.
- No se observarán diferencias significativas entre los tres protocolos en cuanto a la RPE.
- PEM será el protocolo de mayor preferencia por parte de los atletas, mientras que PEC será el de menor agrado.

### **3. Marco teórico y conceptual**

En este apartado se presentan las pruebas de fondo en atletismo, junto con una breve reseña histórica del surgimiento y evolución del HIIT. A continuación, se describen los principales factores que determinan el rendimiento en corredores de fondo. Luego, se exponen antecedentes de investigaciones sobre los efectos del HIIT en el desempeño de estos atletas. Finalmente, se desarrollan dos breves secciones: una referida a la valoración del estrés posterior al entrenamiento, y otra centrada en las preferencias de los deportistas respecto a diferentes protocolos de entrenamiento.

#### **3.1 Las carreras de fondo en atletismo y la evolución del HIIT**

Las carreras de fondo en atletismo pueden disputarse en pista o en ruta. Las competencias oficiales que conforman el programa olímpico en pista son los 5.000 y los 10.000 metros, y en ruta el maratón (42.195 m). Sin embargo, existen otras distancias homologadas y frecuentemente utilizadas en competición, como los 3.000 metros llanos en pista y los 5 km, 10 km y media maratón (21.097 m) en ruta, entre otras (Rius Sant, 2005).

En la preparación de estas pruebas, el desarrollo de las capacidades condicionales de los atletas, especialmente la resistencia, tiene un rol determinante para alcanzar un alto rendimiento. Por ello, el entrenamiento semanal pone gran énfasis en la ejecución de carreras a distintas velocidades (Daniels, 2014). Tradicionalmente, el entrenamiento de resistencia se basó en métodos continuos, realizados durante varios minutos o incluso horas. Sin embargo, a medida que aumenta la intensidad, el tiempo máximo sostenible disminuye, lo que limita la duración del estímulo. Como alternativa, surgió hace más de un siglo el HIIT, que ha cobrado gran relevancia no solo en el ámbito deportivo, sino también, más recientemente, en el contexto clínico. Una de sus principales ventajas es la posibilidad de sostener intensidades elevadas durante un mayor tiempo (tiempo total acumulado a lo largo de los intervalos) que cuando se realizan esfuerzos continuos (López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

Se estima que las primeras aplicaciones sistematizadas del HIIT datan de principios del siglo XX, llevadas a cabo por corredores de fondo de países nórdicos. Uno de

los pioneros fue el atleta finlandés Hannes Kolehmainen, múltiple medallista olímpico, quien preparó su participación en los Juegos Olímpicos de Estocolmo 1912 con entrenamientos fraccionados que consistían en series de cinco a diez repeticiones al ritmo competitivo de 10.000 metros (Laursen & Buchheit, 2018).

A su vez, Paavo Nurmi, ganador de 12 medallas olímpicas entre 1920 y 1932 incorporaba en sus entrenamientos series de carrera de alta intensidad que podían ir desde los 80 a los 4.000 m. Paralelamente, los suecos Gösse Holmer y Gösta Olander también desarrollaban entrenamientos con ritmos y terrenos variados, en los que se buscaba correr de forma intensa, pero manteniendo siempre una sensación de frescura. Se considera que ellos fueron los precursores de lo que, años después, se denominaría “entrenamiento fartlek” (Billat, 2001).

Pese a estos antecedentes, la popularidad del HIIT se consolidó recién en la década de 1950, luego de la descollante actuación de Emil Zátopek en los Juegos Olímpicos de Helsinki 1952, donde conquistó las medallas de oro en 5.000, 10.000 m y maratón. Tras estos logros, junto con su entrenador Josef Hron, comenzaron a difundir el método de entrenamiento que venían desarrollando desde casi una década atrás, que consistía en pasadas de entre 200 y 400 m a una velocidad elevada, calculada a partir de las mejores marcas personales en distancias de entre 3 y 10 km (López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

Durante esta misma época, comenzaron a establecerse vínculos entre entrenadores y médicos deportivos, dando lugar a los primeros intentos sistemáticos de control científico del entrenamiento (Rius Sant, 2005).

En la década de 1960 se publicaron las primeras investigaciones científicas sobre el HIIT, lideradas por los fisiólogos Per-Olof Åstrand y Bengt Saltin. Entre sus contribuciones se encuentran “Intermittent Muscular Work” e “Intermittent and Continuous Running (A further contribution to the physiology of intermittent work)”, donde analizaron los efectos fisiológicos del HIIT de intervalos largos y cortos, respectivamente.

Posteriormente, en 1969, Fox, Robinson y Wiegman publicaron el primer estudio que comparó el aporte energético de las vías metabólicas implicadas durante

entrenamientos continuos versus intervalados. Sus hallazgos indicaron que el entrenamiento intervalado generaba menor acumulación de lactato y una aparición más tardía de la fatiga en comparación con el entrenamiento continuo realizado a la misma velocidad (Fox et al., 1969). Durante la década de 1970, el HIIT fue ganando protagonismo y comenzó a expandirse hacia otras disciplinas deportivas.

En la actualidad, el entrenamiento continuo de baja intensidad y el HIIT coexisten de forma complementaria en los programas de entrenamiento de prácticamente todos los corredores de fondo. Ambos métodos son considerados sinérgicos en la búsqueda de adaptaciones fisiológicas óptimas a corto y largo plazo (Seiler, 2024). Respecto a la distribución de las cargas, la evidencia muestra que la mayor parte del volumen de entrenamiento total semanal de los atletas se realiza a baja intensidad (próximo al 80% del volumen), mientras que el 20% restante se reparte entre trabajos de intensidad moderada y alta (Haugen et al., 2022; Sylta et al., 2016).

Durante mucho tiempo predominó el modelo “piramidal”, que asigna a la intensidad moderada (próxima al segundo umbral metabólico) la mayor parte de ese 20% de volumen que se realiza fuera de la zona de baja intensidad; es decir, relegando la alta intensidad a un papel menor. No obstante, en los últimos años ha ganado protagonismo el modelo “polarizado”, que propone asignar aproximadamente entre un 75 y 78% del volumen de entrenamiento a la baja intensidad, entre un 15 y 20% a la alta intensidad, y menos de un 8% a la intensidad moderada. Este enfoque, en comparación con el piramidal, otorga un papel más importante al HIIT, incorporando más sesiones de esta modalidad (generalmente dos sesiones semanales a lo largo de toda la temporada) y reduciendo en consecuencia el volumen de trabajo realizado a ritmo entre umbrales (Seiler, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015).

### **3.2 Factores determinantes del rendimiento en corredores de fondo**

Entre los diversos factores biológicos que influyen en el rendimiento de los corredores de fondo, se destacan: la presencia de un somatotipo de predominio ectomorfo, un elevado consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ), una economía de carrera eficiente, un alto porcentaje de fibras musculares tipo I, y la manifestación de los umbrales metabólicos a intensidades elevadas. Si bien estos factores están

interrelacionados, con el fin de facilitar su exposición, a continuación, se presentan de forma separada y breve.

#### Somatotipo de predominio ectomorfo

La composición morfológica del somatotipo de predominio ectomorfo se caracteriza por una complexión delgada, extremidades largas, bajo porcentaje de grasa corporal y escasa masa muscular absoluta, especialmente en el tronco superior (Sanchez Muñoz et al., 2020). Esta configuración ofrece ventajas clave para los corredores de fondo. Por un lado, la baja masa corporal mejora la economía de carrera, ya que reduce el costo energético del desplazamiento, permitiendo un uso más eficiente del oxígeno, fundamental en esfuerzos aeróbicos prolongados (Joyner & Coyle, 2008). Además, la mayor relación superficie/volumen facilita la termorregulación, lo que ayuda a disipar el calor de manera más eficaz durante competencias de larga duración, reduciendo el riesgo de fatiga térmica (Chaouachi et al., 2005). Por otro lado, el menor peso corporal disminuye el impacto mecánico sobre las articulaciones y estructuras óseas en cada zancada, reduciendo la incidencia de lesiones por sobreuso y favoreciendo la recuperación, lo que permite sostener mayores volúmenes de entrenamiento. Finalmente, los corredores con este somatotipo tienden a mostrar una buena respuesta a las adaptaciones inducidas por el entrenamiento aeróbico, tales como un mayor  $VO_2$ máx, una elevada densidad mitocondrial y una red capilar más desarrollada, optimizando la entrega y utilización de oxígeno en los músculos activos (Chaouachi et al., 2005; Haugen et al., 2022). En conjunto, estas características hacen al somatotipo de predominio ectomorfo especialmente apropiado para las exigencias fisiológicas, biomecánicas y energéticas de las carreras de fondo.

#### Elevado consumo máximo de oxígeno

El  $VO_2$ máx se define como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo mientras la persona realiza un esfuerzo máximo (McArdle et al., 2015). Este parámetro posee gran relevancia fisiológica, ya que refleja la capacidad funcional integrada de los sistemas cardiovascular, respiratorio y metabólico.

En el ámbito del entrenamiento y la evaluación del rendimiento, se utilizan con frecuencia la Potencia Aeróbica Máxima (PAM) y la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM o  $vVO_2$ máx) para determinar la intensidad a la que un atleta alcanza su  $VO_2$ máx en un protocolo específico. Estos indicadores son útiles para programar la intensidad del entrenamiento, ya que cualquier esfuerzo realizado por encima de esos valores implica una mayor participación de las vías energéticas no oxidativas, dado que el consumo de oxígeno ha alcanzado su meseta y no puede incrementarse (Mora et al., 2020).

La medición del consumo de oxígeno se realiza mediante analizadores de gases. La técnica de referencia para evaluar la capacidad funcional durante el ejercicio es la prueba de esfuerzo cardiopulmonar (CPET, por sus siglas en inglés). En corredores, esta prueba se lleva a cabo comúnmente en tapiz rodante o en campo; en este segundo caso, utilizando analizadores portátiles. Los protocolos requieren incrementos lentos y progresivos de la velocidad hasta alcanzar la fatiga, con una duración total que suele oscilar entre los 8 y 12 minutos (Abeytua Jiménez et al., 2019).

Un  $VO_2$ máx elevado refleja adaptaciones centrales (cardiopulmonares) y periféricas (musculares) que son clave para el alto rendimiento en corredores de fondo. Entre ellas se destacan un corazón de gran tamaño, capaz de bombear grandes volúmenes de sangre por minuto, una elevada capacidad de transporte y aprovechamiento del oxígeno en el tejido muscular, un volumen sanguíneo incrementado y una densa red capilar en los músculos activos, lo que facilita el suministro y utilización eficiente de oxígeno durante el ejercicio prolongado (Kenney et al., 2022).

#### Economía de carrera eficiente

En el atletismo de fondo, la economía de carrera (EC) suele ser definida como la cantidad de energía, generalmente expresada como consumo de oxígeno por kilogramo de masa corporal ( $VO_2/kg$ ), que un atleta necesita para correr a una velocidad submáxima determinada. Cuanto menor sea el consumo de oxígeno por

kilogramo de peso corporal a una misma velocidad, mayor será la EC (Saunders et al., 2004).

La EC está influida por una combinación de factores morfológicos, fisiológicos y biomecánicos. Entre ellos se encuentran las adaptaciones intramusculares derivadas del entrenamiento de resistencia, como una mayor densidad capilar y mitocondrial y mayor actividad de enzimas oxidativas; la capacidad de los músculos y tendones para almacenar y liberar energía elástica mediante un aumento en su rigidez; y una mecánica de carrera más eficiente, que minimiza el gasto energético asociado a las fuerzas de frenado y a oscilaciones verticales excesivas (Saunders et al., 2004).

Entre las estrategias de entrenamiento que han demostrado mejorar la EC en corredores de fondo se destacan el incremento progresivo del volumen de kilómetros semanales, la incorporación de sesiones de HIIT, los trabajos específicos de fuerza (especialmente los de tipo pliométrico y excéntrico), y el entrenamiento en altitud, que promueve adaptaciones hematológicas y metabólicas beneficiosas (Midgley et al., 2007).

#### Alto porcentaje de fibras musculares tipo I

El músculo esquelético humano está compuesto por distintos tipos de fibras musculares que, según sus características bioquímicas y contráctiles, suelen ser clasificadas en tipo I y tipo II, estas últimas subdivididas en IIa y IIx. Entre ellas, las fibras tipo I son las más relevantes para el rendimiento en pruebas de fondo debido a su elevada capacidad oxidativa y resistencia a la fatiga.

Las fibras tipo I son de menor tamaño, tiempo de contracción lento, color rojo, y presentan una alta densidad mitocondrial, gran concentración de mioglobina y abundantes enzimas oxidativas. Estas propiedades permiten que obtengan la mayor parte del ATP a través del metabolismo aeróbico, lo que las convierte en fibras poco potentes, pero sumamente eficientes y resistentes a esfuerzos prolongados. Por estas razones, un alto porcentaje de fibras tipo I se asocia con un mejor rendimiento en pruebas de larga duración, donde la resistencia y la eficiencia metabólica son determinantes (López Chicharro & Vicente Campos, 2017).

La proporción de fibras musculares está en gran medida determinada genéticamente y varía según el grupo muscular analizado. Sin embargo, el entrenamiento puede inducir adaptaciones funcionales significativas. En atletas de fondo, el entrenamiento aeróbico sostenido promueve un aumento en la actividad de enzimas oxidativas y en la densidad mitocondrial, incluso en fibras de contracción rápida (tipo II), particularmente en las de tipo IIa (López Chicharro & Vicente Campos, 2017). Esta transformación funcional favorece la eficiencia metabólica y la utilización de sustratos energéticos durante esfuerzos prolongados.

Se ha demostrado que entrenamientos de alta intensidad, como los de tipo HIIT, estimulan el reclutamiento repetido y prolongado de fibras rápidas, lo que potencia su adaptación hacia un perfil más oxidativo (Kohn et al., 2011; Tan et al., 2018). Esta plasticidad contribuye a mejorar el rendimiento aeróbico, ya que amplía el repertorio de fibras musculares capaces de sostener esfuerzos intensos por tiempo prolongado, un aspecto clave en las carreras de fondo.

#### Manifestación de los umbrales metabólicos a intensidades elevadas

Durante un ejercicio físico incremental, como una carrera en la que se aumenta progresivamente la velocidad (por ejemplo, entre 0.5 y 1 km/h cada minuto), es posible identificar dos umbrales (zonas, más precisamente) de transición metabólica. Estos umbrales marcan cambios significativos en las respuestas fisiológicas del organismo, asociados a parámetros cardiovasculares, respiratorios, metabólicos y neuromusculares (*Figura 1*).

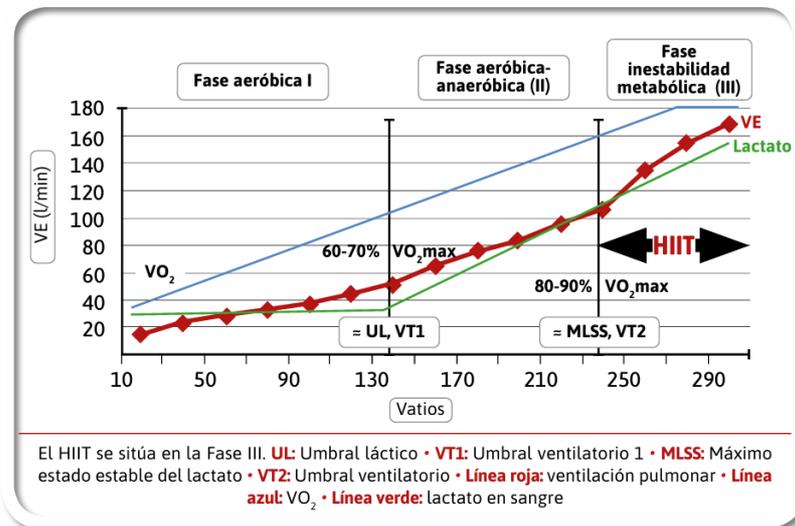
El primer umbral (asociado al primer umbral ventilatorio, VT1 y al primer umbral de lactato, entre otros indicadores) indica la primera transición importante desde un predominio en la utilización de ácidos grasos como fuente de energía hacia un aumento en la oxidación de carbohidratos. El ejercicio realizado cerca o por debajo de este umbral puede, en general, sostenerse durante periodos prolongados (horas en corredores de fondo) sin generar una fatiga significativa, y se considera una zona de entrenamiento especialmente apropiada para mejorar la base aeróbica.

El segundo umbral (asociado al segundo umbral ventilatorio, VT2 y al segundo umbral de lactato, entre otros indicadores) representa el límite superior de la

intensidad que el organismo puede mantener en equilibrio fisiológico (estado estable). A partir de este punto, el cuerpo comienza a depender en mayor medida de fuentes de energía no oxidativas, lo que conlleva una acumulación progresiva de metabolitos asociados a la fatiga. Esta intensidad se asocia con un aumento exponencial de variables como la lactatemia, la acidez, la ventilación, la FC y el  $VO_2$ . El HIIT se prescribe por encima de este segundo umbral, ya que en ese rango se estimulan las respuestas centrales y periféricas que permiten alcanzar el  $VO_{2\text{máx}}$ , el GC máximo y la ventilación voluntaria máxima, entre otras variables clave para mejorar la potencia aeróbica (López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

Existen diversas metodologías para determinar los umbrales metabólicos, entre las que se destacan el análisis de lactato en sangre, la identificación de puntos ventilatorios y la medición de la saturación de oxígeno muscular mediante espectroscopía funcional del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés). Recientemente, se ha propuesto también el uso de una métrica derivada de la VFC, conocida como DFA- $\alpha 1$  (*Detrended Fluctuation Analysis alpha 1*, por sus siglas en inglés), como herramienta práctica y no invasiva para estimar estos umbrales. La identificación de estos puntos de transición no solo es de utilidad para evaluar la condición fisiológica del deportista, sino que también permite establecer zonas de entrenamiento bien delimitadas, como plantea el modelo trifásico propuesto por Skinner y McLellan en la década de 1980. En corredores de fondo, ambos umbrales metabólicos son predictivos del ritmo de competencia. Conocer la velocidad correspondiente a estos puntos permite planificar estrategias de entrenamiento y competición más efectivas, reduciendo el riesgo de fatiga temprana y optimizando el rendimiento (Kenney et al., 2022).

**Figura 1**  
Modelo trifásico de intensidad del ejercicio



Nota. López Chicharro & Vicente Campos (2018, p.23).

### 3.3 El HIIT y antecedentes de investigaciones en corredores de fondo

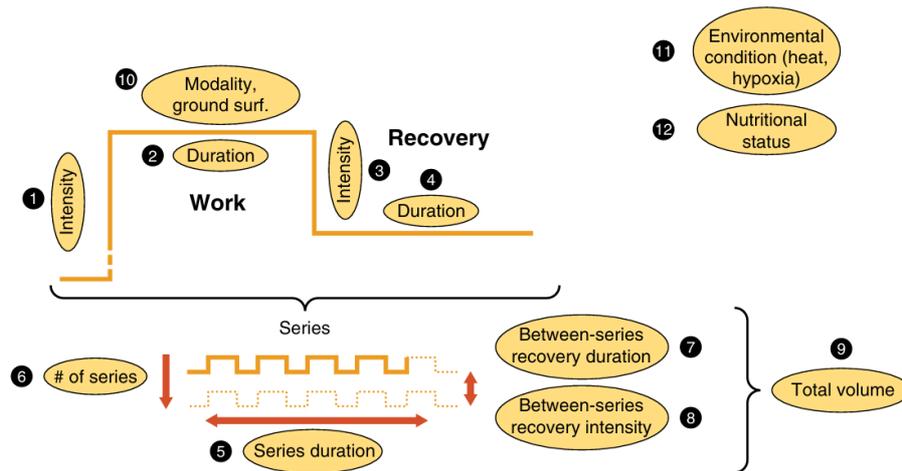
Los beneficios de incluir sesiones de HIIT en los programas de entrenamiento de atletas de fondo entrenados están ampliamente documentados en la literatura científica. Utilizar HIIT, en comparación con la prescripción exclusiva de entrenamientos de carrera continua, ha demostrado mejorar diversas variables fisiológicas y de rendimiento, tales como el  $VO_{2max}$ , la potencia pico y la recuperación de la FC tras un test incremental de esfuerzo máximo (Milanović et al., 2015; Stöggl & Björklund, 2017), la potencia empleada a 4 mmol/L de lactato en un test máximo de 40 minutos, y la potencia en 30 segundos en un test de Wingate (Pedersen & Wåle, 2017; Rønnestad et al., 2015; Sylta et al., 2017). Además, se ha observado una disminución en la concentración de lactato sanguíneo, la FC media y la RPE durante la realización de un test máximo continuo de 60 minutos (Etxebarria et al., 2013).

En la programación del HIIT es posible manipular diversos componentes de la carga, lo que da lugar a un abanico prácticamente infinito de variantes. Laursen y Buchheit (2018), en su libro *Science and Applications of High Intensity Interval Training*, describen 12 variables susceptibles de manipulación en la programación del HIIT (Figura 2).

Nueve de ellas están relacionadas específicamente con las magnitudes de carga, mientras las tres restantes corresponden a factores del entorno y condiciones previas al ejercicio. Si el entrenamiento se organiza sin series, este número puede reducirse de nueve a cinco.

**Figura 2**

*Variables que se pueden manipular para prescribir sesiones HIIT.*



**Nota.** Laursen & Buchheit (2018, p.54)

Estas variables son: (1) intensidad del intervalo, (2) duración del intervalo, (3) intensidad de la micropausa, (4) duración de la micropausa, (5) número de intervalos, (6) número de series, (7) duración de macropausa, y (8) la intensidad de macropausa. Las variables (1) a (8) están relacionadas con el (9) volumen total.

Además, otros factores que inciden en las respuestas fisiológicas de una sesión de HIIT son: (10) la modalidad del ejercicio y la superficie (en el caso del HIIT basado en carrera), (11) el entorno, como la temperatura y la altitud, y (12) las prácticas nutricionales previas al ejercicio. La manipulación de cada variable de manera aislada tiene un impacto directo en las respuestas metabólicas, cardiorrespiratorias y/o neuromusculares. Cuando se manipulan simultáneamente más de una variable, las respuestas son más difíciles de predecir, ya que los factores están interrelacionados (Buchheit & Laursen, 2013).

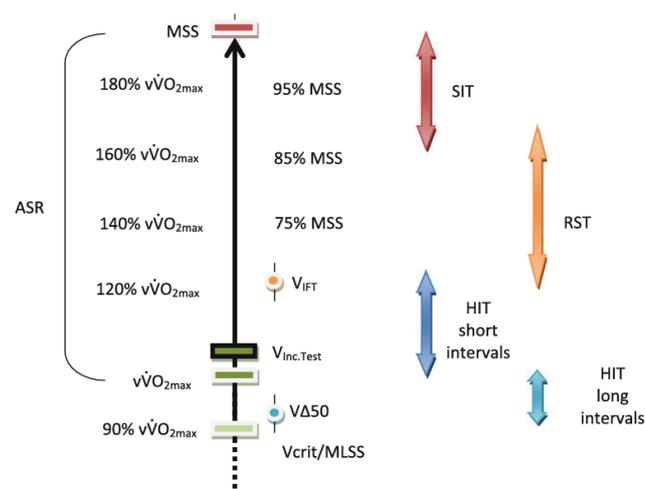
La duración o el volumen del intervalo de trabajo puede establecerse en función del tiempo o la distancia. En entrenamientos HIIT, se considera que los intervalos cortos

son aquellos cuya duración no supera los 60 segundos, mientras que los intervalos largos oscilan entre 1 y 8 minutos (Billat, 2001; Tschakert & Hofmann, 2013).

Es importante distinguir el concepto de HIIT de los de *repeated sprint training* (RST) y de *sprint interval training* (SIT), ya que estos suelen prescribirse con intensidades supra máximas, es decir, superiores a la intensidad asociada al  $\dot{V}O_2$ máx (Figura 3). El RST consiste en esfuerzos muy breves (3 a 7 segundos), generalmente máximos, con pausas incompletas de menos de 1 minuto, y se utiliza principalmente en deportes colectivos intermitentes. En cambio, el SIT implica esfuerzos máximos (“all-out”) de entre 20 y 30 segundos, seguidos por pausas más prolongadas, que van de 2 a 4 minutos.

### Figura 3

Rango de intensidad utilizado para los distintos formatos de entrenamiento de alta intensidad basados en carrera.



**Nota.** Buchheit & Laursen (2013,p217). ASR: Reserva de velocidad anaeróbica. MLSS: Máximo estado estable de lactato. MSS: Velocidad máxima de sprint.  $\dot{V}O_{2max}$ : Velocidad mínima de carrera necesaria para alcanzar el  $\dot{V}O_{2max}$ .  $V_{\Delta 50}$ : Velocidad a mitad de camino entre  $\dot{V}O_{2max}$  y MLSS.  $V_{crit}$ : Velocidad crítica.  $V_{IFT}$ : Velocidad máxima alcanzada al final del Test Intermitente 30–15.  $V_{Inc.Test}$ : Velocidad máxima alcanzada en una prueba incremental.

En la Figura 3 se observa que los entrenamientos HIIT se sitúan en un rango que va desde el 90 al 120% de la velocidad asociada al  $\dot{V}O_{2max}$  y que conforme disminuye la duración de los intervalos de trabajo, aumenta la intensidad del esfuerzo.

Para definir y comparar las repercusiones metabólicas del HIIT, en la literatura científica se utiliza el concepto “tiempo cercano o por encima del  $VO_2$ máx”, mayormente conocido como “ $T@VO_2$ máx”. Esta medida representa el tiempo durante el cual el atleta se mantiene a  $\geq 90\%$  de su  $VO_2$ máx durante una sesión de entrenamiento (Midgley & Mc Naughton, 2006). Este concepto —también llamado “zona roja”— es relevante, ya que se considera que la mejora óptima de la aptitud cardiorrespiratoria se alcanza entrenando a una intensidad entre el 90 y el 100% del  $VO_2$ máx (Billat, 2001). Por tanto, cuanto mayor sea el tiempo que el atleta logre mantenerse en el  $T@VO_2$ máx, más provechosa será la sesión.

Debido a la amplia variedad de formatos en que puede planificarse el entrenamiento de HIIT, en las últimas décadas se han desarrollado numerosas investigaciones destinadas a comparar las respuestas y adaptaciones fisiológicas a distintos tipos de protocolos bajo diversas condiciones. No obstante, son relativamente pocos los estudios que se han centrado específicamente en analizar las respuestas fisiológicas agudas y la percepción de esfuerzo durante entrenamientos HIIT con intervalos cortos y largos en deportes de resistencia. A continuación, se presentan algunos antecedentes relevantes que abordan estos asuntos.

Seiler & Sjursen (2004) compararon, en una población de atletas bien entrenados, cuatro protocolos de entrenamiento con intervalos de diferente duración, todos con un volumen total de 48 minutos y una relación trabajo/pausa de 1:1. Los intervalos evaluados fueron  $24 \times 1'$ ,  $12 \times 2'$ ,  $6 \times 4'$  y  $4 \times 6'$ ; la intensidad fue escogida por el atleta bajo la indicación de que fuera la máxima posible que le permitiera completar la sesión. Se observó que la velocidad de carrera disminuía a medida que aumentaba la duración del intervalo de trabajo. El  $VO_2$  medio y la FC media fueron mayores durante los intervalos de 4 minutos, mientras que el menor  $VO_2$  pico se registró en los intervalos de 1 minuto. La RPE tendió a aumentar durante los tres protocolos, alcanzando valores promedio de 17 sobre 20; no obstante, el aumento de la RPE fue más atenuado en el protocolo de intervalos más cortos. El lactato sanguíneo no mostró diferencias significativas entre los distintos protocolos. Los autores mencionan que intervalos de entre 3 y 5 minutos de duración podrían ser óptimos

para inducir un alto estrés cardiovascular en los intervalos a  $vVO_2$ máx, cuando la densidad es 1:1.

Por otra parte, Billat et al. (2001) analizaron las repercusiones de tres protocolos de HIIT de intervalos cortos (15" de esfuerzo por 15" de pausa), realizados a distintos porcentajes de la  $vVO_2$ máx: 90-80%, 100-70% y 110-60%. El estudio se llevó a cabo con corredores aficionados de mediana edad, habituados mayormente al entrenamiento continuo de baja intensidad que al HIIT, y se desarrolló en pista de atletismo utilizando un espirómetro portátil, lo que constituye una de sus principales fortalezas metodológicas. Cada sesión finalizaba cuando el atleta no podía mantener la velocidad establecida.

Los resultados indicaron que los protocolos realizados al 90-80% y al 100-70% de la  $vVO_2$ máx permitieron a los deportistas permanecer durante más tiempo en una zona cercana al  $VO_2$ máx, en comparación con el protocolo 110-60%. El  $T@VO_2$ máx alcanzado fue de 14'31"  $\pm$  4'00" y 14'21"  $\pm$  5'30" para los protocolos al 90-80% y al 100-70%, respectivamente. Estos valores representan una carga de entrenamiento muy efectiva para potenciar mejoras en la potencia aeróbica máxima.

Desde una misma perspectiva, Rønnestad et al. (2015) resaltan el valor de los intervalos cortos (< 60 segundos), ya que permiten prolongar el tiempo de trabajo a intensidades superiores al 90% del  $VO_2$ máx, además de desarrollar mayor potencia media y elevadas concentraciones de lactato, en comparación con los intervalos largos de menor intensidad. Estos estímulos, más exigentes desde el punto de vista fisiológico, podrían optimizar la respuesta neuromuscular, estimular la biogénesis mitocondrial y mejorar la capacidad de amortiguación del organismo.

En estudios más recientes se compararon directamente las respuestas a entrenamientos de intervalos cortos y largos. En este sentido, Warr-di Piero et al. (2018) encontraron que, en estímulos que superan los 10 minutos de duración, esfuerzos de 10" al 100% de la  $vVO_2$ máx, con relación trabajo/pausa 1:1, suelen provocar una baja o moderada acumulación de lactato sanguíneo, además de asociarse a una baja RPE. Por el contrario, los intervalos de mayor duración, de 90"

y 130", a la misma intensidad e idéntica relación trabajo/pausa, implican una mayor participación de la vía glucolítica y una RPE más elevada.

Es importante señalar que este estudio empleó volúmenes totales de entrenamiento relativamente bajos, con distancias apenas superiores a 1600 m por protocolo HIIT, y que la intensidad del ejercicio no se incrementó a medida que se acortaban las pasadas. Por esta razón, las comparaciones con sesiones de entrenamiento que implican volúmenes considerablemente mayores y en los que la velocidad de las pasadas aumenta en forma inversamente proporcional a su longitud deben realizarse con cautela.

Tucker et al. (2015) compararon en hombres adultos jóvenes, que entrenan de forma recreativa, las respuestas fisiológicas de un entrenamiento de ciclismo compuesto por 4 bloques de 4' de esfuerzo al 90-95% de la FC<sub>máx</sub>, con pausa de 3', frente a 16 pasadas de 1' a la misma intensidad, con 1' de pausa entre esfuerzos. Se observó que, en el protocolo con intervalos más largos, el VO<sub>2</sub> medio de toda la sesión de entrenamiento fue significativamente superior (3%), al igual que el VO<sub>2</sub> medio y la FC media durante los períodos de esfuerzo. Sin embargo, el protocolo de 16x1' presentó mayores niveles de potencia media durante el ejercicio, así como valores más elevados de VO<sub>2</sub> medio y FC media durante los períodos de recuperación.

El VO<sub>2</sub> pico alcanzado durante el protocolo de intervalos largos osciló entre el 90 y el 99% del VO<sub>2</sub><sub>máx</sub>, mientras que el VO<sub>2</sub> pico alcanzado durante el protocolo corto osciló entre el 76 y el 85 %. No se observaron diferencias en las concentraciones de lactato en sangre en la mitad ni al final de los protocolos, así como tampoco en la RPE:  $7.0 \pm 1.6$  vs  $7.0 \pm 1.4$ .

Otro estudio, realizado por Valstad et al. (2018) comparó en tapiz rodante circular no motorizado dos protocolos con volumen total de 25 minutos: uno compuesto por 4 intervalos de 4' al 90-95% de FC<sub>máx</sub> con 3' de pausa, y otro conformado por 4 series de 8 repeticiones de 20" a la máxima intensidad posible, con 10" de micropausa y 3' de macropausa. Los sujetos fueron estudiantes universitarios físicamente activos, que practicaban deportes colectivos.

Los resultados indicaron que, aunque se recorrió una distancia similar en ambos protocolos, la velocidad durante las pasadas cortas fue significativamente mayor. Además, el  $\text{VO}_2$  acumulado durante toda la sesión no mostró diferencias relevantes entre protocolos. Por su parte, la FC media de la sesión fue similar en ambos casos, mientras que el  $\text{VO}_2$  medio, la concentración de lactato y la RPE fueron levemente mayores en el protocolo de intervalos largos, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Cipryan et al. (2017) compararon dos protocolos de intervalos largos y cortos en tapiz rodante, ambos al 100% del  $v\text{VO}_2\text{máx}$ . El primero consistió en 4 intervalos de 3' y el segundo en 21 x 30", ambos con pausa en reposo de igual duración que el intervalo de esfuerzo. El volumen total del HIIT fue prácticamente equivalente: 21 y 20.5 minutos, respectivamente. El estudio se llevó a cabo con atletas altamente entrenados, integrado en partes iguales por fondistas y velocistas, con el objetivo de comparar las respuestas fisiológicas entre los grupos.

Dado que el presente trabajo se enfoca en deportistas de resistencia, se tomaron únicamente los resultados del grupo de fondistas (edad:  $22.1 \pm 2.5$  años;  $\text{VO}_2\text{máx}$ :  $66.2 \pm 5.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). En este grupo, el  $\text{VO}_2$  medio y la FC media del total de la sesión fueron mayores en el protocolo largo ( $43.5 \pm 3.4$  vs  $39.4 \pm 2.3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $160.5 \pm 12.2$  vs  $158.1 \pm 14.2 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Asimismo, la RPE fue significativamente más alta en dicho protocolo ( $17.3 \pm 1.3$  vs  $12.3 \pm 1.5$ ), según la escala de Borg de 6 a 20. Es importante remarcar que ambos protocolos fueron realizados a la misma intensidad.

Por último, Faelli et al. (2022) realizaron un estudio con remeros masculinos adolescentes de nivel nacional (edad:  $15.7 \pm 0.2$  años;  $\text{VO}_2\text{máx}$ :  $60.1 \pm 1.9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). La duración de las pasadas a comparar en remo estacionario fue similar al estudio anterior, aunque con leves diferencias en las intensidades: 4 intervalos de 4' al 90% de la  $v\text{VO}_2\text{máx}$  con 3' de recuperación activa al 30% y 25 de 30" al 100% con 30" de pausa al 20%.

En el protocolo largo, los remeros recorrieron  $5.470 \pm 160$  m, mientras en el corto fueron  $4.863 \pm 137$  m. El  $\text{VO}_2$  máx ( $58.57 \pm 2.87$  vs  $52.50 \pm 1.25 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )

durante el período de esfuerzo, el  $T@VO_2$ máx y la  $FC$ máx fueron significativamente más altos en el protocolo largo. A su vez, el lactato sanguíneo ( $16.48 \pm 1.20$  vs  $8.46 \pm 1.05$  mmol) y la RPE final ( $9.22 \pm 1.00$  vs  $5.83 \pm 0.80$ ) también fueron significativamente mayores en el protocolo de 4 minutos. Únicamente la potencia máxima de remada fue significativamente mayor en las pasadas de 30" ( $297 \pm 11$  vs  $267 \pm 10$  vatios).

Los autores señalaron que las diferencias en las cargas medias absolutas constituyen una limitación del estudio, lo que deja abierta la duda de si las diferencias observadas se deben a la duración de los intervalos o, mayormente, a las distintas intensidades de ejercicio empleadas.

### **3.4 Valoración del estrés posterior al entrenamiento**

Para conocer las respuestas inmediatas de una sesión de entrenamiento, se suelen utilizar herramientas que comparan los resultados obtenidos previo y posteriormente al entrenamiento. Entre ellas se encuentran evaluaciones de la función neuromuscular, que incluyen diversas pruebas de saltos, y el análisis de variables derivadas de la función cardiovascular.

Dentro de las evaluaciones de la función neuromuscular destacan los saltos CMJ. Esta técnica, muy utilizada en el ámbito de la evaluación deportiva y el entrenamiento, permite estimar, a través de la altura de salto alcanzada, el grado de fatiga neuromuscular de un deportista. Jiménez-Reyes et al. (2016) cuantificaron el salto CMJ tras el entrenamiento y encontraron correlaciones fuertes entre la pérdida de altura de salto después de una sesión de carreras máximas en velocistas, y la acumulación de lactato sanguíneo ( $r = 0.96$ ) y amoníaco en plasma ( $r = 0.95$ ). En el mismo sentido, Morcillo et al. (2015) hallaron correlaciones similares ( $r = 0.97$  y  $0.92$ , respectivamente) tras un estímulo de 12 aceleraciones repetidas en futbolistas de alto nivel.

Si bien medir únicamente la altura de salto en un CMJ tiene ciertas limitaciones frente a otras variables, como la potencia generada en el mismo o el tiempo de contacto en saltos repetidos, varios estudios antecedentes (Benítez-Flores et al., 2022; Markov et al., 2023; Sánchez-Otero et al., 2022) han utilizado esta variable

para comparar las repercusiones inmediatas entre protocolos de entrenamiento intervalado de distintas características que involucran la carrera. En varios casos se han encontrado diferencias significativas, lo que justifica la posible utilidad de aplicar este método para contrastar los efectos inmediatos de cada protocolo de entrenamiento de forma rápida y económica, particularmente en corredores de fondo, quienes no realizan saltos en sus entrenamientos regulares.

Otra técnica a utilizar es la VFC. Se trata del análisis de la variación en el tiempo entre latidos sucesivos del corazón, reflejando la capacidad del sistema nervioso autónomo para adaptarse a cambios internos y externos del organismo. Esta medición refleja el equilibrio entre el sistema nervioso autónomo simpático y parasimpático (Buchheit, 2014).

El parámetro que suele ser recomendado para el análisis previo y posterior a una sesión de entrenamiento es el rMSSD, que mide el cambio cuadrático promedio entre latidos consecutivos (la diferencia sucesiva de los intervalos R-R). Esta medida se realiza en milisegundos, es sensible a variaciones a corto plazo y es poco sensible a la frecuencia respiratoria (Ortigosa et al., 2018; Plews et al., 2013). Valores altos de rMSSD reflejan predominancia parasimpática, indicando una adecuada recuperación y control frente al estrés y la fatiga; en cambio, valores bajos sugieren predominancia simpática y posible fatiga. Por lo tanto, es esperable que, tras una sesión de ejercicio intenso, el rMSSD descienda y se obtengan valores más bajos que antes de la sesión. Por este motivo, es interesante establecer comparativas de VFC pre y post sesión de entrenamiento como forma de monitorizar el efecto que los distintos métodos y cargas poseen en los deportistas.

### **3.5 Preferencia de entrenamiento por parte de los deportistas**

Desde hace tiempo, los estudios en ciencias del deporte han mostrado un creciente interés por evaluar la preferencia y el grado de satisfacción de los deportistas frente a diferentes métodos y protocolos de entrenamiento. Se reconoce que la adherencia al programa de entrenamiento constituye un factor clave para mantener la práctica física en el tiempo, aspecto fundamental para alcanzar un rendimiento deportivo óptimo (Rhodes & Kates, 2015). La elección voluntaria o la inclinación subjetiva

hacia un determinado método puede influir directamente en la motivación, el compromiso y, en última instancia, en el rendimiento del deportista (Bartlett et al., 2011; Thum et al., 2017).

En este marco, la Escala de Preferencia desarrollada por Jung et al. (2014) ha sido utilizada como una herramienta válida para evaluar el agrado que los deportistas manifiestan hacia distintos programas o protocolos de entrenamiento. Esta escala se basa en dos ítems: primero, se pregunta cuál protocolo preferirían realizar si la decisión dependiera exclusivamente de ellos; en segundo lugar, se solicita una valoración cuantitativa en una escala del 1 al 7, donde 1 indica “completamente a gusto”, 4 representa una posición “neutral” y 7 “completamente a disgusto”. Esta doble aproximación permite no solo identificar la elección final, sino también matizar la intensidad del agrado o desagrado hacia cada protocolo, facilitando además el análisis matemático de las respuestas. Investigaciones recientes (Poon et al., 2023) han empleado esta escala de preferencia para evaluar y comparar metodologías de entrenamiento de resistencia.

#### 4. Reseña metodológica

El presente estudio adopta un diseño cuasiexperimental, de carácter analítico y de corte transversal. La recolección de datos se realizó entre los meses de mayo y setiembre del año 2024.

##### 4.1 Participantes

Participaron en el estudio 20 atletas de fondo (10 hombres y 10 mujeres), todos mayores de edad, que al momento de iniciar su participación se encontraban en actividad competitiva, entrenaban regularmente y competían en pruebas de pista y/o calle, federados por la Confederación Atlética del Uruguay.

##### Criterios de inclusión

Para ser incluidos en el estudio, los atletas debían contar con certificado de aptitud física (ficha médica) vigente al momento de la intervención. Además, debían cumplir los siguientes requisitos: *a)* tener entre 18 y 45 años; *b)* realizar al menos cinco sesiones de entrenamiento semanales; *c)* superar un kilometraje promedio semanal de 75.000 metros; *d)* encontrarse dentro de un período de entrenamiento competitivo; *e)* haber participado en al menos dos competencias durante la última temporada en distancias iguales o superiores a 5.000 metros; *f)* no presentar enfermedades cardiopulmonares, metabólicas ni lesiones musculoesqueléticas que pudieran interferir con los resultados del estudio; *g)* no consumir drogas, ni ser fumadores activos de tabaco (o haber dejado el hábito al menos 6 meses antes del estudio); *h)* contar con disponibilidad horaria y la posibilidad de traslado a los lugares estipulados para la intervención.

Durante el período de intervención, se solicitó a los atletas que mantuvieran sus hábitos alimentarios y su rutina de sueño inalterados. Las sesiones experimentales se realizaron con una frecuencia de dos veces por semana, sustituyendo en el microciclo de cada participante los entrenamientos más intensos. El resto de las sesiones fueron asignadas por el entrenador de cada atleta y declaradas a los investigadores.

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación del ISEF-UdelaR (fecha: 20/11/2022) y por el Comité de Ética del Centro Hospitalario Pereira Rossell (fecha: 24/11/2023) (*Anexo A*). El estudio se llevó a cabo siguiendo los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013). Antes del inicio del estudio, todos los participantes leyeron y firmaron un consentimiento informado que detallaba los beneficios y riesgos del procedimiento (*Anexo B*).

## **4.2 Protocolo experimental**

La actividad experimental consistió en una sesión de evaluación inicial en el Laboratorio LIEBRE, ubicado en el Centro Hospitalario Pereira-Rossell, y tres sesiones de ejercicio en la Pista de Atletismo del Prado, de 400 m con piso sintético. Allí se buscó reproducir con la menor interferencia posible por parte de los investigadores, una situación real de entrenamiento.

### **4.2.1 Evaluación Inicial**

En la primera sesión se midió a cada atleta la talla (estadiómetro SECA 213, SECA, Germany; precisión de 1 mm) y la masa corporal (balanza GA.MA. Italy Professional; precisión de 100 g) siguiendo la metodología ISAK. Adicionalmente, se estimó la composición corporal (en términos de masa grasa y masa magra), mediante un equipo de bioimpedancia InBody-120 (InBody Co., Korea). También, se completó un cuestionario sobre lesiones y patologías previas, experiencia deportiva y mejores marcas en competencia.

A continuación, se efectuó un test de esfuerzo máximo en tapiz rodante (General Electric T2100-ST2, USA), con aumento progresivo de la intensidad en forma de rampa. La inclinación permaneció durante toda la prueba al 1% (para aproximar el esfuerzo de carrera en pista). El test inició a una velocidad de 8 km/h y fue aumentando 1 km/h cada minuto hasta que el atleta llegara al agotamiento o solicitara parar por cualquier causa. Durante la prueba, los atletas fueron motivados en forma verbal a realizar el mayor esfuerzo posible para mantenerse corriendo el máximo tiempo.

Durante y en los minutos posteriores al test se monitorizó permanentemente la FC y el intercambio de gases respiratorios (MetaLyzer 3B Córtext, Germany; Polar H10, Finland), y se registraron parámetros hemodinámicos mediante cardiografía por impedancia (PhisoFlow Córtext, Germany).

#### 4.2.2 Sesiones de entrenamiento

En las sesiones restantes se llevaron a cabo los tres protocolos de HIIT mencionados, todos con una distancia total de 6.000 m. El protocolo de entrenamiento de intervalos largos (PEL) consistió en cinco pasadas de 1200 m con 3'30" de pausa; el medio (PEM) en 15 pasadas de 400 m con 1'10" de pausa; y el corto (PEC) en 60 pasadas de 100 m con 18" de pausa (*Tabla 1*).

**Tabla 1**  
*Protocolos de Entrenamiento*

<b>Protocolo</b>	<b>Pasada (m)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Pausa</b>
<b><i>PEL</i></b>	1200	5	3'30"
<b><i>PEM</i></b>	400	15	1'10"
<b><i>PEC</i></b>	100	60	18" *

**Nota.** \*: Cada 12 pasadas se realizó una macropausa de 45"

Durante las pausas, se indicó a los atletas que permanecieran en reposo de pie o caminando lentamente, según su preferencia. La duración de la pausa se estandarizó para todos los corredores, siendo aproximadamente equivalente al tiempo requerido para completar cada pasada (relación trabajo/pausa 1:1). En el caso del protocolo PEC, las pausas destinadas a la extracción de sangre (de la yema del dedo) para el análisis de lactato fueron mayores (45 segundos), con el objetivo de asegurar la correcta toma de la muestra.

Todas las evaluaciones se realizaron en el mismo horario habitual de entrenamiento de cada atleta. La temperatura ambiente osciló entre 15 °C y 22 °C, y la humedad relativa entre 60 % y 80 %. Al inicio de cada sesión, se realizó una entrada en calor estandarizada, que consistió en 20 minutos de carrera continua a una velocidad inferior al primer umbral, seguidos de una breve rutina de elongación activa de los miembros inferiores. Luego, se completaron tres pasadas de 30 m con ejercicios técnicos de carrera: skipping medio, taloneo y skipping con rodillas extendidas

(conocido como “soldadito”). Finalmente, se realizaron cuatro carreras progresivas de 60 m, retornando caminando entre cada una.

La velocidad de carrera fue determinada en común acuerdo entre investigadores, atletas y entrenadores, con el objetivo de realizar ritmos exigentes pero sostenibles hasta el final del entrenamiento. Se estableció que en las pasadas de 1200 m la velocidad no debía ser menor al 90% de la máxima velocidad alcanzada en el test en rampa (VInc.Test); en las de 400 m, no menor al 95%; y en las pasadas de 100 m se encomendó correr a una velocidad aún mayor (siguiendo el criterio de la *Figura 3*). Además, se indicó que, en la medida de lo posible, los atletas incrementaran el ritmo en las últimas pasadas, a modo de “remate”.

En cuanto al orden de los protocolos, en todos los casos se realizó primero PEL, luego PEM y, por último, PEC; la falta de aleatorización se decidió con el fin de garantizar un aumento progresivo de la intensidad conforme disminuía la duración de los intervalos en los distintos protocolos. Entre evaluaciones, se dejó un plazo mínimo de dos y máximo de seis días. En ningún caso se realizó actividad física de alta intensidad durante las 48 horas previas a la intervención.

Previo a cada evaluación, se administró el cuestionario de Hooper Índice (Hooper et al., 1995), un instrumento psicométrico ecológico utilizado para evaluar la percepción de recuperación y el estado general del atleta en base a cuatro parámetros: sensación de fatiga, estrés, dolor muscular y calidad del sueño (*Figura C1 en Anexo C*). Cada ítem se puntúa de 1 (muy positivo) a 7 (muy negativo). Por ejemplo, un valor de 1 en el ítem sueño indica “sueño muy bueno”, mientras que 7 representa “sueño muy malo”. El puntaje total varía entre 4 y 28: cuanto menor el valor, mejor es la disposición del atleta para entrenar. Se consideran valores buenos aquellos entre 8 y 15.9, y valores promedio entre 16 y 19.9. En este estudio, el cuestionario fue utilizado como criterio de control: los atletas no debían registrar 20 puntos o más, ni mostrar diferencias superiores a 5 puntos respecto a sesiones anteriores, con el fin de garantizar la comparabilidad entre protocolos.

#### 4.2.3 Mediciones durante e inmediatamente posterior al entrenamiento

##### Medición de gases respiratorios y frecuencia cardíaca

Al igual que en la primera sesión (evaluación inicial), en estas tres sesiones se monitorizó el intercambio gaseoso durante la realización de los entrenamientos, pero en estos casos con un espirómetro portátil (MetaMax 3B Córtext, Leipzig). Se midió el  $VO_2$  de toda la sesión, distinguiendo los intervalos de esfuerzo y pausa. De igual manera, se midió la FC de forma permanente (Sensor Polar H10, Finland), obteniendo valores de FC durante toda la sesión.

#### Medición de lactato sanguíneo

También se analizó la concentración de lactato sanguíneo (Super GL compact, Dr. Müller, Germany). Para ello, se extrajeron cinco muestras de sangre de la yema de los dedos de la mano, cada vez que se completó 20% de la distancia total a recorrer.

#### Percepción subjetiva de esfuerzo (RPE)

La escala de Borg modificada de 1 a 10 (Borg, 1982) es una escala para la ponderación de niveles de esfuerzo. El deportista debía seleccionar el valor que, a su entender, representara con mayor exactitud los niveles de fatiga y desgaste que le estaba demandando la carga de entrenamiento (*Anexo E*). La escala de Borg se aplicó cinco veces durante cada protocolo, cuando se completaba el 20% de la distancia total a recorrer (en el mismo momento de las extracciones de sangre). También se aplicó siete minutos después de finalizado el ejercicio, en este caso solicitando al atleta que considerara la totalidad de la sesión y diferenciara una RPE de piernas y una RPE respiratoria.

#### 4.2.4 Mediciones pre y post entrenamiento

##### Variabilidad de la frecuencia cardíaca

Se registró la VFC pre y post esfuerzo con un sensor de banda (Sensor Polar H10, Finland) a través de la aplicación para teléfonos móviles HRV Logger (A.S.M.A. B.V.). Para obtener los datos, el atleta se colocaba acostado en decúbito dorsal de forma relajada, en silencio y a la sombra. El registro se realizó durante dos minutos; el primero se consideró de estabilización y el segundo de medición. Los registros previos se realizaron 10 minutos antes de empezar el trabajo principal y los posteriores 10 minutos después de culminada la última pasada. Las variables

obtenidas fueron SDNN, rMSSD y AVNN, pero la única que se consideró para el análisis fue rMSSD, por ser la más sensible a las variaciones a corto plazo (Cipryan, 2016; Melo et al., 2018).

#### Altura de salto con contramovimiento (CMJ)

Para analizar las respuestas neuromusculares, se realizó un test de salto con contramovimiento (CMJ) para medir la altura de salto alcanzada antes y después del ejercicio. Este test se aplicó 12 minutos antes y 12 minutos después de finalizado el entrenamiento, y se midió con una alfombra de salto (Chronojump - Boscosystem, España). En cada toma de datos se registraron tres saltos, separados por un minuto, y se consideró el de mayor altura.

#### 4.2.5 Preferencia de entrenamiento (culminada la intervención)

La Escala de Preferencia (Jung et al., 2014) se aplicó 24 horas después de finalizada la última sesión. Consiste en realizarle al atleta dos preguntas: primero, cuál de los tres protocolos de entrenamiento elegiría realizar si dependiera completamente de él; y segundo, en una escala del 1 al 7, seleccionar su grado de gusto por cada protocolo, donde 7 representa “completamente a disgusto”, 4 “neutro” y 1 “completamente a gusto”.

### **4.3 Análisis de datos**

Los datos fueron presentados a través de medidas de tendencia central y dispersión. Las bases de datos fueron depuradas y unificadas en planillas de cálculo, y posteriormente se importaron al software RStudio versión 2024.12.21 (RStudio Team, 2020).

Para evaluar las respuestas fisiológicas de los protocolos de entrenamiento sobre el consumo de oxígeno relativo ( $VO_2/kg$ ), frecuencia cardíaca (FC) y frecuencia respiratoria (FR), se realizaron ANOVAs de medidas repetidas con diseño intrasujeto. Los análisis consideraron los protocolos (PEL, PEM, PEC) como factor principal y su interacción con la variable fase (tiempo de esfuerzo y tiempo de pausa).

Asimismo, se realizaron ANOVAs de medidas repetidas para evaluar las diferencias entre protocolos en el tiempo total acumulado (en segundos) que los participantes se mantuvieron por encima del 90% del  $VO_2$ máx y FCmáx. Por otra parte, se efectuaron ANOVAs de medidas repetidas para comparar, entre protocolos, el tiempo que cada atleta demoró en alcanzar por primera vez el 90% para las mismas variables.

Cuando se detectaron violaciones del supuesto de esfericidad (evaluado mediante el test de Mauchly), se aplicaron las correcciones de Greenhouse-Geisser o Huynh-Feldt, según correspondiera, para ajustar los grados de libertad y mantener la validez de las pruebas F. En todos los casos se evaluó la normalidad de los residuos mediante el test de Shapiro-Wilk. De no cumplirse este supuesto, se realizó un test de Friedman manteniendo la misma estructura del modelo propuesto en el ANOVA de medidas repetidas. Las comparaciones post hoc entre protocolos para todos los ANOVAs empleados se realizaron mediante el método de Bonferroni, y en el caso del test de Friedman, a través del post hoc de Wilcoxon.

Para analizar las diferencias de la RPE entre los protocolos se utilizó un enfoque basado en estadística no paramétrica, considerando la naturaleza ordinal de los datos. En primer lugar, se calcularon las medianas de la percepción de esfuerzo para cada pasada dentro de cada protocolo. Posteriormente, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar la existencia de diferencias globales en la percepción de esfuerzo entre los tres protocolos. En caso de encontrar diferencias significativas, se llevó a cabo la comparación entre pares de los protocolos con un análisis post hoc mediante el test de Dunn, utilizando la corrección de Bonferroni para ajustar los valores de significancia y controlar el error tipo I en las comparaciones múltiples. Este procedimiento, al igual que en los análisis mencionados anteriormente, permitió identificar qué pares de protocolos diferían significativamente entre sí, proporcionando una interpretación detallada de los efectos observados. El mismo procedimiento se replicó para analizar la percepción de esfuerzo respiratorio y de piernas al finalizar cada sesión.

En el análisis de CMJ y VFC también se realizó un ANOVA de medidas repetidas de dos vías (Protocolo  $\times$  Tiempo), así como la prueba Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los residuos.

## 5. Resultados

Participaron en el estudio 20 atletas. Todos completaron las cuatro sesiones de evaluación requeridas para el desarrollo de la investigación.

### 5.1 Características de los atletas

En la *Tabla 2* se presentan resumidamente las características de los atletas en cuanto a edad, altura y composición corporal.

**Tabla 2**

*Características de los sujetos*

	Todos	Hombres (n=10)	Mujeres (n=10)
<b>Edad</b>	31.4 ± 5.4	31.8 ± 6.7	31.3 ± 4.3
<b>Altura</b>	167.7 ± 7.9	173.4 ± 3.5	162.0 ± 6.8
<b>Masa corporal</b>	60.4 ± 6.3	65.8 ± 4.3	56.8 ± 5.0
<b>% masa grasa</b>	17.5 ± 4.5	16.3 ± 2.0	19.3 ± 4.3
<b>Masa grasa</b>	11.2 ± 3.9	10.6 ± 1.6	12.1 ± 4.6
<b>Masa muscular</b>	27.6 ± 3.5	30.6 ± 2.16	25.5 ± 2.7

**Nota.** Edad (años); altura (cm); Masa corporal (kg), % masa grasa (%), Masa grasa y muscular (kg).

Los 20 participantes se encontraban compitiendo en pruebas de atletismo de fondo desde hacía al menos dos años ( $7.8 \pm 5.8$ ), y habían mantenido un entrenamiento ininterrumpido durante al menos los tres meses previos al estudio. Todos reportaron realizar entre cinco y siete sesiones de entrenamiento semanales (la mayoría seis), de las cuales entre dos y tres eran de alta intensidad. Además, todos los sujetos declararon incluir entrenamientos específicos de fuerza como parte de su planificación semanal.

Los atletas presentaban registros en competencias que les permitían clasificarse a torneos de nivel nacional en la categoría élite, o acceder a campeonatos nacionales de pista. En la *Tabla D1*, ubicada en el *Anexo D*, se presentan las mejores marcas en competencias oficiales previas a la intervención para cada uno de los participantes.

A partir de la evaluación inicial se encontró que, en el grupo masculino, el  $\text{VO}_2$  pico fue  $4.14 \pm 0.36$  L/min, el  $\text{VO}_2$  pico relativo a la masa  $63.7 \pm 3.95$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, y el

pulso de oxígeno ( $VO_2/FC$ )  $23.2 \pm 2.74$  mL/lat·min<sup>-1</sup>. La FCmáx alcanzó un valor de  $189.1 \pm 6.08$  lat·min<sup>-1</sup>, el VS máximo fue  $173.21 \pm 22.55$  mL y el GC máximo  $30.32 \pm 3.71$  L/min.

En el grupo femenino, el  $VO_2$  pico fue  $3.17 \pm 0.24$  L/min, el  $VO_2$  pico relativo  $56.10 \pm 4.31$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, y el pulso de oxígeno  $17.50 \pm 1.35$  mL/lat·min<sup>-1</sup>. La FCmáx fue  $187.5 \pm 6.96$  lat·min<sup>-1</sup>, el VS máximo  $167.01 \pm 12.95$  mL, y el GC máximo  $28.65 \pm 3.85$  L/min. La *Tabla 3* presenta estos valores detallados individualmente para cada participante.

**Tabla 3**  
*Resultados evaluación inicial*

H	VO <sub>2</sub> máx	VO <sub>2</sub> /kg.	VO <sub>2</sub> /FC	FCmáx	VS Máx	GC Máx	M	VO <sub>2</sub> máx	VO <sub>2</sub> /kg.	VO <sub>2</sub> /FC	FCmáx	VS Máx	GC Máx
S1	3.95	68	22	192	184.1	32.8	S5	3.39	61	18	190	189.3	29.7
S2	4.26	62	24	182	171.3	29.2	S7	3.49	59	20	177	178.1	30.8
S3	4.00	64	23	179	202.2	34.7	S9	3.01	63	16	196	161.0	30.8
S4	4.83	69	29	186	191.6	33.8	S10	3.00	57	17	197	148.7	26.7
S6	4.24	61	26	186	178.4	26.3	S11	2.81	49	16	186	176.8	31.1
S8	3.99	67	22	190	126.9	23.5	S12	3.46	55	18	192	162.4	30.7
S13	3.93	64	20	200	-*	-*	S15	3.31	52	19	192	165.0	28.5
S14	4.66	66	24	194	149.7	28.6	S16	3.11	53	17	182	169.7	30.5
S17	3.93	59	22	190	179.2	32.4	S19	2.93	54	16	184	-*	-*
S18	3.63	57	20	192	175.5	31.7	S20	3.19	58	18	179	152.1	19.1
	<b>4.14</b>	<b>63.7</b>	<b>23.3</b>	<b>189.1</b>	<b>173.2</b>	<b>30.3</b>		<b>3.17</b>	<b>56.1</b>	<b>17.5</b>	<b>187.5</b>	<b>167</b>	<b>28.7</b>

**Nota.** VO<sub>2</sub>máx (L/min); VO<sub>2</sub>/kg (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>); VO<sub>2</sub>/FC (mL/lat·min<sup>-1</sup>); FCmáx (lat·min<sup>-1</sup>); el VS máx (ml); GC máx (L/min). H: Hombres; M: Mujeres; \*: datos faltantes por error de registro debido a desprendimiento de electrodos.

En relación a los umbrales ventilatorios, los atletas masculinos alcanzaron el VT1 al  $72.5 \pm 5.4\%$  del  $VO_2$  pico y el VT2 al  $88.8 \pm 3.9\%$ . En las mujeres, estos valores se ubicaron al  $79.4 \pm 4.6\%$  y  $89.9 \pm 4.4\%$ , respectivamente. Como puede observarse, los valores promedio de VT2 fueron relativamente similares entre ambos grupos. No obstante, en las mujeres, el VT1 se presentó a una intensidad más cercana al  $VO_2$  pico en comparación con los hombres.

## 5.2 Respuestas de los tres protocolos de entrenamiento

En todos los casos, el entrenamiento de menor duración fue PEL, con un promedio de 33'23" para los hombres y 37'15" para las mujeres, seguido por PEM con 34'57" y 38'29", respectivamente, y, por último, PEC, con una duración de 38'06" para los atletas masculinos y 41'05" para las atletas femeninas.

En cuanto a la velocidad de desplazamiento, PEL fue el entrenamiento en el que los atletas corrieron más lento, con un promedio de 23"26 cada 100 metros para hombres y 27"55 para mujeres, seguido por PEM con promedios de 18"36 y 21"13 respectivamente. El protocolo en el que los atletas corrieron más rápido fue PEC, con un promedio de 17"83 para los atletas masculinos y 20"90 para las femeninas. Esta información se puede observar en detalle en la *Tabla 4*.

**Tabla 4**

*Velocidades de desplazamiento: equiparados cada 100 metros.*

Protocolo	PEL	PEM	PEC
<b>Todos</b>	25"28 (4'12")	19"68 (78")	19"28
<b>Hombres</b>	23"26 (3'52")	18"36 (73")	17"83
<b>Mujeres</b>	27"55 (4'35")	21"13 (84")	20"90

**Nota.** Entre paréntesis figura el promedio total de las pasadas

### 5.2.1 Variables fisiológicas

Las variables fisiológicas se presentan en el siguiente orden: primero, los datos de VO<sub>2</sub> correspondientes al tiempo total de entrenamiento (esfuerzo + pausa), seguidos por los valores durante el tiempo de esfuerzo y, luego, durante el tiempo de pausa. A continuación, se exponen los resultados de FC con la misma secuencia, y finalmente, los de FR. Por último, se presenta el tiempo acumulado por encima del 90% del VO<sub>2</sub>máx y de la FCmáx, así como el tiempo requerido para alcanzar dicha zona de intensidad en cada protocolo.

Los investigadores optaron por no incluir los datos de lactato sanguíneo en los resultados debido a inconvenientes técnicos con el equipo, que impidieron completar las mediciones en algunos participantes y comprometieron la fiabilidad de los registros.

La *Tabla 5* presenta los valores promedio por protocolo de  $VO_2$  relativo, FC y FR para el total de sujetos incluidos en el análisis. En este procesamiento, se excluyeron dos participantes debido a dificultades en el cronometraje en alguno de los protocolos. Además, para los análisis específicos de FC, se excluyeron dos sujetos adicionales por errores de registro del sensor de banda torácica en al menos uno de los protocolos.

**Tabla 5**  
Media de  $VO_2/kg$ , FC y FR ( $\pm$  DE) por fase de entrenamiento

Todos	Fase	$VO_2/kg$ ( $\pm$ DE)	FC ( $\pm$ DE)	FR ( $\pm$ DE)
	<i>Total</i>	42.73 ( $\pm$ 16.1)	158.1 ( $\pm$ 27.7)	45.1 ( $\pm$ 25.3)
PEL	<i>Trabajo</i>	52.37 ( $\pm$ 9.5)	171.1 ( $\pm$ 20.1)	49.5 ( $\pm$ 26.8)
	<i>Pausa</i>	26.80 ( $\pm$ 11.6)	136.6 ( $\pm$ 24.9)	37.8 ( $\pm$ 20.6)
	<i>Total</i>	42.78 ( $\pm$ 10.8)	165.1 ( $\pm$ 20.4)	39.6 ( $\pm$ 29.1)
PEM	<i>Trabajo</i>	46.81 ( $\pm$ 9.1)	169.6 ( $\pm$ 19.0)	43.3 ( $\pm$ 31.2)
	<i>Pausa</i>	37.25 ( $\pm$ 10.5)	159.0 ( $\pm$ 20.8)	34.4 ( $\pm$ 25.1)
	<i>Total</i>	45.28 ( $\pm$ 6.8)	172.5 ( $\pm$ 12.5)	42.3 ( $\pm$ 28.4)
PEC	<i>Trabajo</i>	46.04 ( $\pm$ 6.4)	172.3 ( $\pm$ 13.2)	46.9 ( $\pm$ 30.3)
	<i>Pausa</i>	44.45 ( $\pm$ 7.3)	172.7 ( $\pm$ 11.6)	37.2 ( $\pm$ 25.3)

**Nota.**  $VO_2/kg$  ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ); FC ( $lat \cdot min^{-1}$ ); FR (rpm).

En lo que respecta al  $VO_2/kg$ , si se considera el tiempo total de entrenamiento, se observa el siguiente orden (de mayor a menor):  $45.28 \pm 6.8 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  para PEC;  $42.78 \pm 10.8$  para PEM y  $42.73 \pm 16.1$  para PEL. Estas diferencias son estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ) con un tamaño del efecto grande ( $\eta^2p = 0.669$ ). Los resultados de ANOVA para  $VO_2/kg$  se presentan en la *Tabla G1 del Anexo G*. El análisis post hoc entre protocolos arrojó diferencias significativas en todas las comparaciones. Los detalles se encuentran en la *Tabla 6*.

Al distinguir por fase de entrenamiento y sus interacciones con los protocolos también se encuentran diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2p = 0.962$ ). Si se considera únicamente el tiempo de trabajo, el orden se invierte con respecto al total de la sesión:  $52.37 \pm 9.5 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  para PEL;  $46.81 \pm 9.1$  para PEM y  $46.04 \pm 6.4$  para PEC. En esta comparación, se observaron diferencias

estadísticamente significativas entre PEL y los otros dos protocolos, mientras que no se encontraron diferencias significativas entre PEM y PEC (*Tabla 6*). Por otro lado, en el análisis del  $VO_2/kg$  durante las pausas, se registraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ) en todas las comparaciones entre protocolos.

**Tabla 6**

*Diferencias de valores medios de  $VO_2/kg$  y FC entre protocolos*

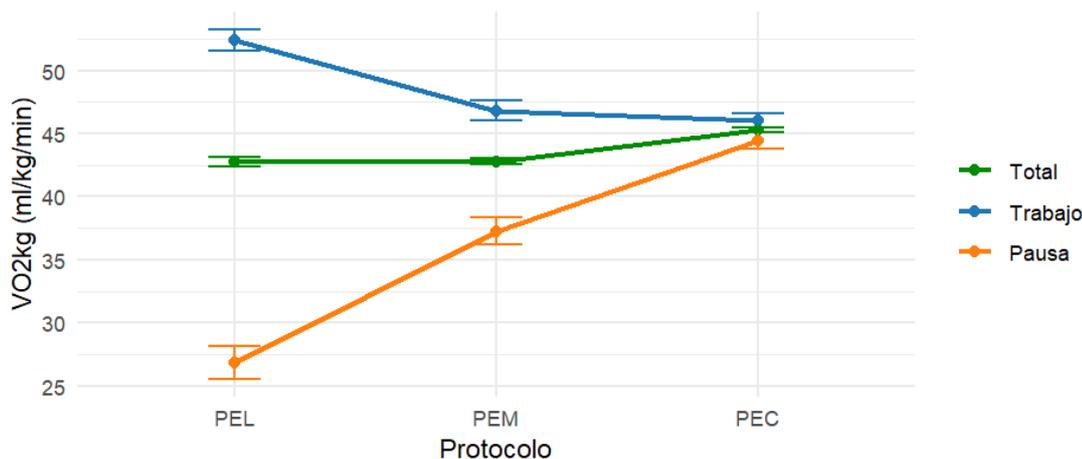
Protocolos	$VO_2/kg$ ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )			FC ( $lat \cdot min^{-1}$ )		
	Total	Trabajo	Pausa	Total	Trabajo	Pausa
<b>PEL vs PEM</b>	-2.56*	+5.43*	-10.55*	-10.43*	+1.37	-22.22*
<b>PEL vs PEC</b>	-5.71*	+6.34*	-17.76*	-18.79*	-1.54	-36.05*
<b>PEM vs PEC</b>	-3.15*	+0.91	-7.21*	-8.37*	-2.90	-13.83*

Nota. \* =  $p < 0.001$

En la *Figura 4* se pueden observar los resultados de  $VO_2$  representados gráficamente.

**Figura 4**

*Media de  $VO_2/kg$  según protocolo y fase del entrenamiento.*



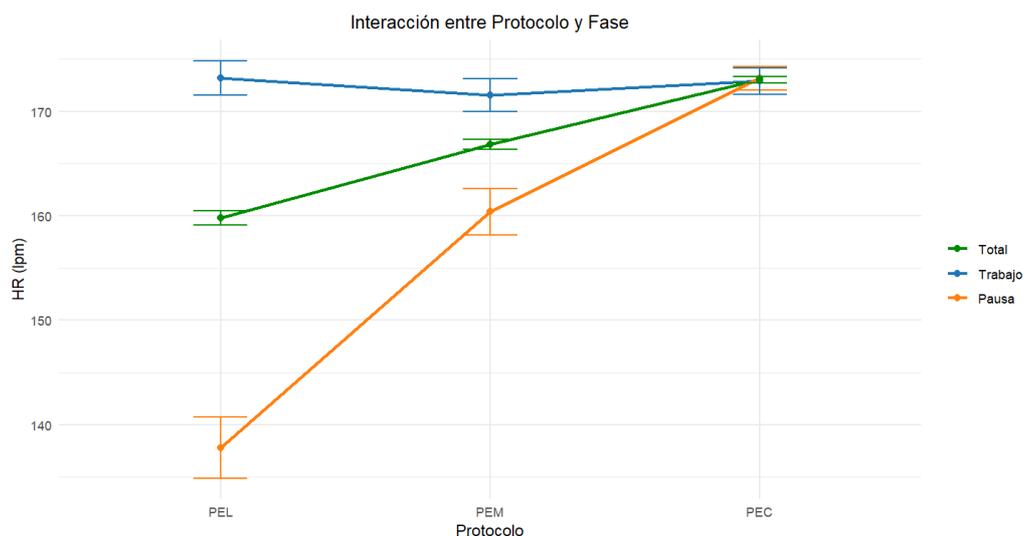
Nota. Las barras de error muestran intervalos de confianza de 95 %

Con respecto a la FC, como se observa en la *Tabla 5*, el comportamiento en el tiempo total de entrenamiento es similar al del  $VO_2/kg$ , presentando el mayor promedio en PEC, luego en PEM y el menor en PEL. Estas diferencias son estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2 p = 0.818$ ). Los resultados estadísticos

se presentan en la *Tabla G2* del *Anexo G*. En la comparación entre protocolos, todas las diferencias fueron significativas, como se observa en la *Tabla 6*. Por otra parte, se hallaron diferencias significativas entre los protocolos y sus interacciones con las fases de entrenamiento ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2p = 0.910$ ). No obstante, no se halló diferencias significativas entre protocolos al considerar únicamente el tiempo de trabajo. En este caso, los valores medios de latidos por minuto fueron  $171.1 \pm 20.1$ ;  $169.6 \pm 19.0$  y  $172.3 \pm 13.1$ , para PEL, PEM y PEC, respectivamente.

En contraste, las respuestas de la FC durante los períodos de pausa mostraron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre todos los protocolos. Esta información se presenta en la *Figura 5*.

**Figura 5**  
Media de FC según protocolo y fase del entrenamiento



**Nota.** Las barras de error muestran intervalos de confianza de 95 %.

Un resultado a destacar, observado en la mayoría de los participantes, fue que en PEC los valores medios de FC fueron similares entre los períodos de esfuerzo y de pausa; incluso, en varios casos, se registró un valor levemente superior durante la pausa (*Tabla 5*). En la *Tabla 7* se presenta esta información diferenciada por sexo, donde se observa la misma tendencia, ligeramente más acentuada en mujeres que en hombres.

**Tabla 7**

Media de  $VO_2/kg$ , FC y FR ( $\pm$  SD) por fase distinguido por sexo

	Fase	$VO_2/kg$ ( $\pm$ DE)	FC ( $\pm$ DE)	FR ( $\pm$ DE)	H	$VO_2/kg$ ( $\pm$ DE)	FC ( $\pm$ DE)	FR ( $\pm$ DE)	M
	<i>Total</i>	44.56 ( $\pm$ 17.0)	157.0 ( $\pm$ 27.6)	47.7 ( $\pm$ 26.4)		40.35 ( $\pm$ 14.7)	159.6 ( $\pm$ 27.7)	41.9 ( $\pm$ 23.4)	
<b>PEL</b>	<i>Trabajo</i>	55.17 ( $\pm$ 9.8)	170.4 ( $\pm$ 19.9)	52.9 ( $\pm$ 28.2)		48.95 ( $\pm$ 8.0)	171.9 ( $\pm$ 20.5)	45.1 ( $\pm$ 24.3)	
	<i>Pausa</i>	28.33 ( $\pm$ 12.2)	136.3 ( $\pm$ 25.0)	39.6 ( $\pm$ 21.0)		24.58 ( $\pm$ 10.5)	136.9 ( $\pm$ 24.9)	35.2 ( $\pm$ 19.9)	
	<i>Total</i>	44.98 ( $\pm$ 11.2)	165.2 ( $\pm$ 19.9)	38.14 ( $\pm$ 32.3)		39.98 ( $\pm$ 9.6)	165.2 ( $\pm$ 21.2)	41.5 ( $\pm$ 24.5)	
<b>PEM</b>	<i>Trabajo</i>	49.46 ( $\pm$ 9.3)	170.1 ( $\pm$ 17.8)	42.5 ( $\pm$ 35.2)		43.62 ( $\pm$ 7.9)	169.0 ( $\pm$ 20.4)	44.5 ( $\pm$ 25.7)	
	<i>Pausa</i>	39.19 ( $\pm$ 10.8)	158.7 ( $\pm$ 20.6)	32.5 ( $\pm$ 27.2)		34.60 ( $\pm$ 9.3)	159.4 ( $\pm$ 21.1)	37.1 ( $\pm$ 21.8)	
	<i>Total</i>	47.74 ( $\pm$ 6.9)	170.3 ( $\pm$ 13.3)	34.1 ( $\pm$ 30.7)		42.24 ( $\pm$ 5.5)	175.3 ( $\pm$ 10.9)	52.2 ( $\pm$ 21.6)	
<b>PEC</b>	<i>Trabajo</i>	48.13 ( $\pm$ 6.5)	170.1 ( $\pm$ 14.0)	38.2 ( $\pm$ 33.5)		43.64 ( $\pm$ 5.3)	174.7 ( $\pm$ 11.9)	57.0 ( $\pm$ 22.3)	
	<i>Pausa</i>	47.35 ( $\pm$ 7.2)	170.3 ( $\pm$ 12.5)	30.3 ( $\pm$ 27.03)		40.58 ( $\pm$ 5.3)	175.8 ( $\pm$ 9.4)	46.6 ( $\pm$ 19.4)	

**Nota.** H: Hombres; M: Mujeres.  $VO_2/kg$  ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), FC ( $lat \cdot min^{-1}$ ), FR (rpm).

En cuanto a la FR, no se observaron diferencias significativas entre protocolos durante el tiempo total de entrenamiento ( $p = 0.754$ ). Lo mismo ocurrió durante el tiempo de esfuerzo ( $p = 0.678$ ). Para el tiempo de pausa sí se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ), indicando que al menos uno de los protocolos difiere significativamente de los demás. Sin embargo, en el análisis post hoc para el tiempo de pausa no se confirmaron dichas diferencias significativas entre ninguno de los protocolos ( $p$  ajustada = 0.08).

A continuación, se describe el tiempo acumulado por encima del 90% del  $VO_{2m\acute{a}x}$  ( $T@VO_{2m\acute{a}x}$ ) y de la  $FC_{m\acute{a}x}$ , así como el tiempo necesario para alcanzar dichos umbrales de intensidad. Se halló que PEL obtuvo la mayor cantidad de tiempo ( $641.3 \pm 282.6$  s), seguido por PEM ( $320.2 \pm 253.0$  s) y por último, PEC ( $149.7 \pm 253.9$  s). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ), como se muestra en la *Tabla 8*. Es de destacar las notorias diferencias que hubo entre los participantes, aspecto que se refleja en los elevados desvíos estándar.

En la *Figura 8-A* se puede ver la siguiente información expresada gráficamente.

**Tabla 8***Tiempos en "zona roja" según protocolos.*

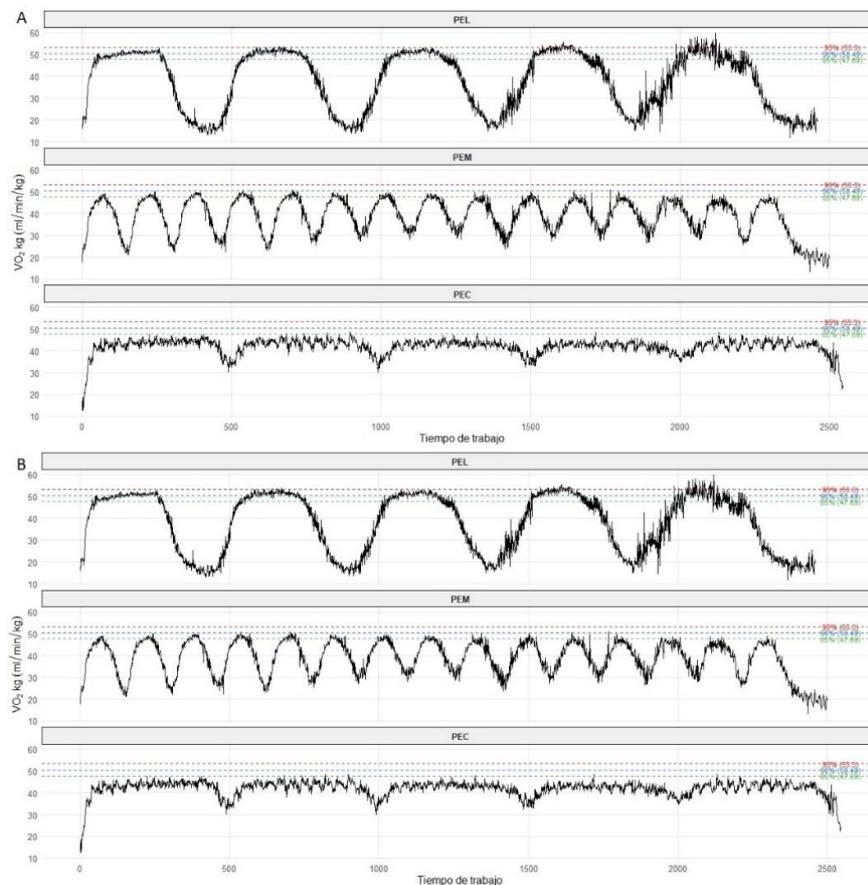
	PEL	PEM	PEC	p valor
<b>T. VO<sub>2</sub> ≥90% (s)</b>	641.3 ± 282.6	320.2 ± 253.0	149.7 ± 253.9	<b>&lt;.001*</b>
<b>FC ≥90% (s)</b>	1021.4 ± 299.0	1102.7 ± 411.2	1512.2 ± 789.6	<b>.019*</b>
<b>T. inicio VO<sub>2</sub> ≥90%(s)</b>	47.9 ± 15.4	194.6 ± 340.8	140.4 ± 76.0	<b>&lt;.001*</b>
<b>T. inicio FC ≥90 %(s)</b>	146.3 ± 269.2	186.7 ± 424.2	521.2 ± 770.0	<b>&lt;.001*</b>

**Nota.** Unidad: segundos. \*= significancia estadística.

En la comparación de T@VO<sub>2</sub>máx según protocolos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los tres casos: PEL vs PEM ( $p < 0.001$ ), PEL vs PEC ( $p < 0.001$ ) y PEM vs PEC ( $p = 0.015$ ).

En cuanto a la cantidad de segundos que demoran los atletas en alcanzar el 90% de su VO<sub>2</sub>máx, los resultados arrojaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ). PEL presentó un valor significativamente menor ( $47.9 \pm 15.4$  s) en comparación con PEC ( $140.4 \pm 76.0$  s), diferencia que fue confirmada por el análisis post hoc ( $p$  ajustado = 0.001). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre PEL vs PEM ( $p$  ajustado = 0.115), ni PEM vs PEC ( $p$  ajustado = 0.173). En la *Figura 6* se puede observar la evolución del VO<sub>2</sub>/kg durante toda la sesión de entrenamientos diferenciada por sexo. Las líneas punteadas horizontales indican los valores medios entre atletas al 85, 90 y 95% del VO<sub>2</sub>máx. Estas referencias son útiles para visualizar el tiempo aproximado que se encuentran por encima de esas zonas de intensidad.

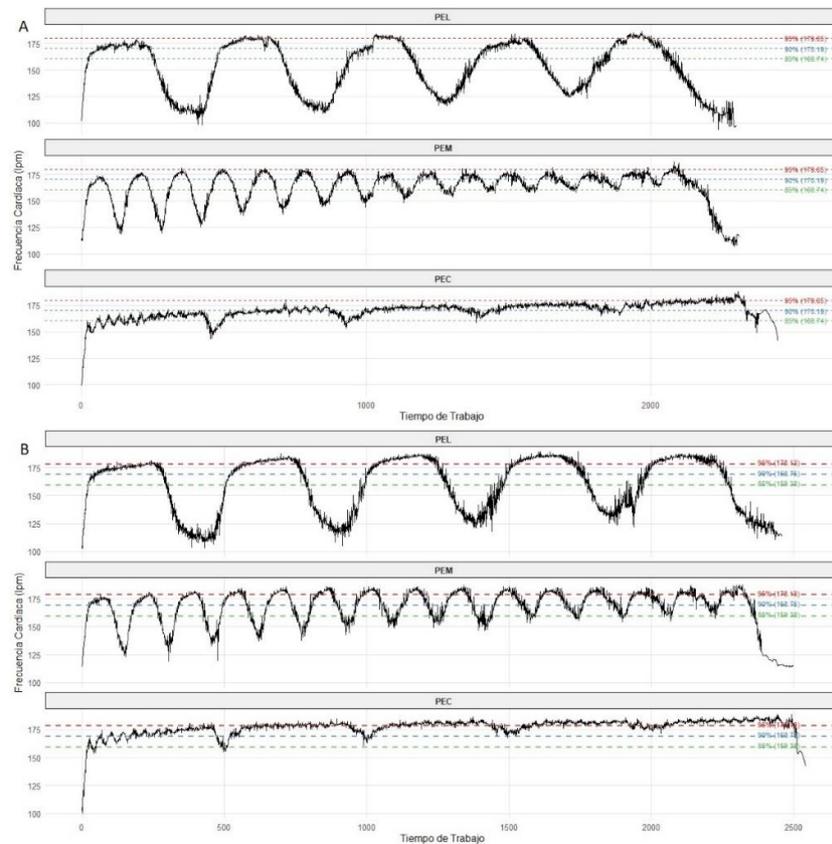
**Figura 6**  
Evolución del  $VO_2/kg$  por protocolo: A) en hombres y B) en mujeres



**Nota.** Líneas punteadas: azul (90 %  $VO_2/máx$ ); roja (95 %  $VO_2/máx$ ); verde (85 %  $VO_2/máx$ ).

Al realizar el mismo análisis para la FC, se observa que el tiempo acumulado por encima del 90% de la  $FCmáx$  es considerablemente mayor que el correspondiente al 90% del  $VO_2máx$ . En este caso, el orden se invierte en cuanto a la duración en segundos, ya que en PEC los atletas permanecieron  $1512.2 \pm 789.6$  s; en PEM  $1102.7 \pm 411.2$  s y en PEL  $1021.4 \pm 299.0$  s (*Tabla 8*). Estos resultados mostraron diferencias significativas ( $p = 0.019$ ). La comparación post hoc reveló diferencias significativas entre los protocolos PEL vs PEC ( $p = 0.008$ ) y PEM vs PEC ( $p = 0.006$ ), mientras que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre PEL vs PEM ( $p = 0.756$ ). En la *Figura 7* se puede observar la evolución media de FC para hombres y para mujeres.

**Figura 7**  
Evolución de la FC por protocolo: A) en hombres y B) en mujeres



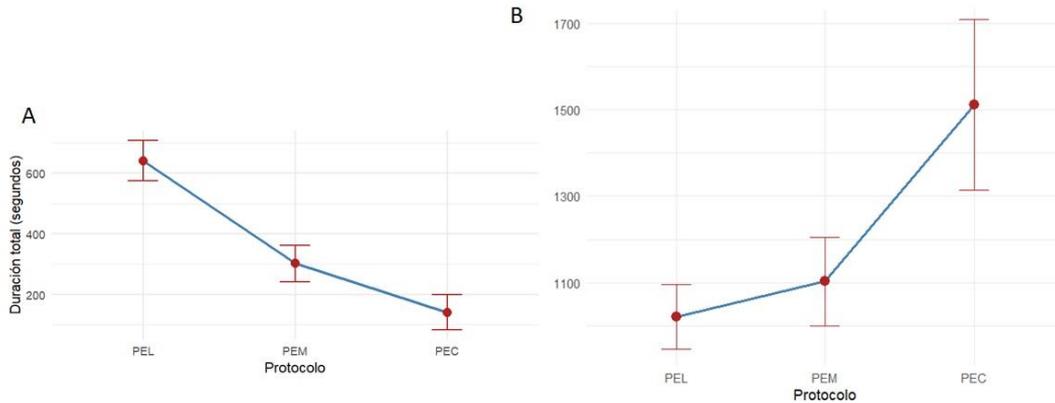
**Nota.** Líneas punteadas: azul (90 %  $VO_2/máx$ ); roja (95 %  $VO_2/máx$ ); verde (85 %  $VO_2/máx$ ).

Por último, la cantidad de segundos que requirió cada atleta para alcanzar el 90% de su  $FC_{máx}$  fue  $146.3 \pm 269.2$  en PEL,  $186.7 \pm 424.2$  en PEM y  $521.2 \pm 770.0$  en PEC. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos ( $p < 0.001$ ). La comparación post hoc reveló diferencias significativas en PEL vs PEC ( $p$  ajustado = 0.012) y PEM vs PEC ( $p$  ajustado = 0.003); no se encontraron diferencias significativas entre PEL vs PEM ( $p$  ajustado = 1.000).

En la *Figura 8-B* se muestra gráficamente el tiempo promedio que los atletas permanecieron por encima del 90% del  $VO_2$  y de la FC en cada protocolo. Para mayor claridad, se recuerda que 600 segundos equivalen a 10 minutos y 1500 segundos a 25 minutos.

**Figura 8**

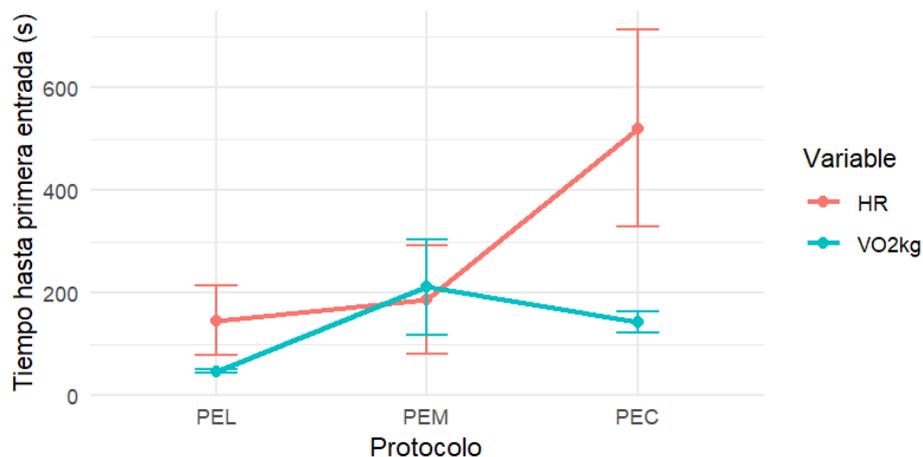
Media de tiempo sobre el 90% del máximo: A)  $VO_2/kg$  y B) FC.



En la *Figura 9* se puede ver el tiempo que se demora en alcanzar el 90% del máximo de  $VO_2$  y FC por protocolo.

**Figura 9**

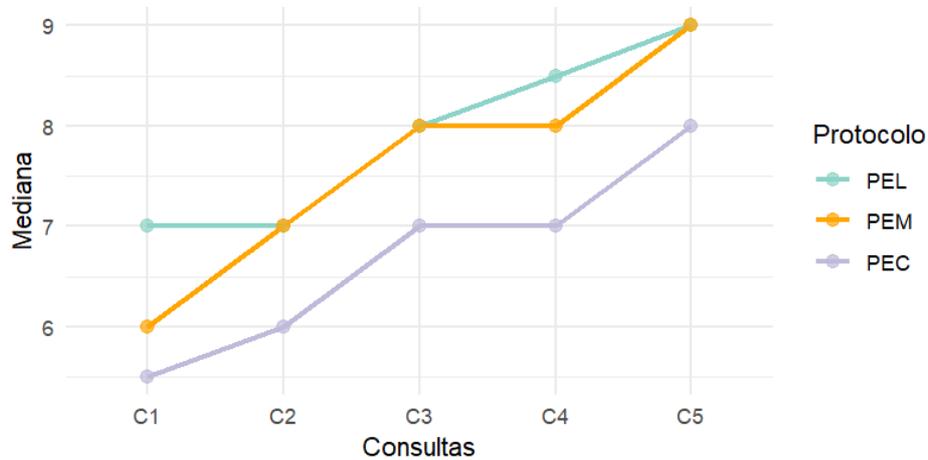
Media de tiempo hasta alcanzar el 90% del máximo de  $VO_2/kg$  y FC.



### 5.2.2 Percepción subjetiva del esfuerzo

Las respuestas en la escala de Borg durante los tres protocolos de entrenamiento mostraron una tendencia creciente a lo largo de cada una de las sesiones de entrenamiento (*Figura 10*). La mediana de la RPE fue de 8 para PEL y PEM, y de 7 para PEC. Estos resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre protocolos, según la prueba de Kruskal-Wallis ( $p = 0.011$ ).

**Figura 10**  
*Mediana de la RPE para cada protocolo por consulta*



El análisis de comparaciones múltiples reveló diferencias significativas entre PEC y PEL ( $p$  ajustado = 0.005;  $Z = -2.889$ ), así como entre PEC y PEM ( $p$  ajustado = 0.050;  $Z = -2.120$ ). No se encontraron diferencias significativas entre PEL y PEM ( $p$  ajustado = 0.663;  $Z = 0.768$ ).

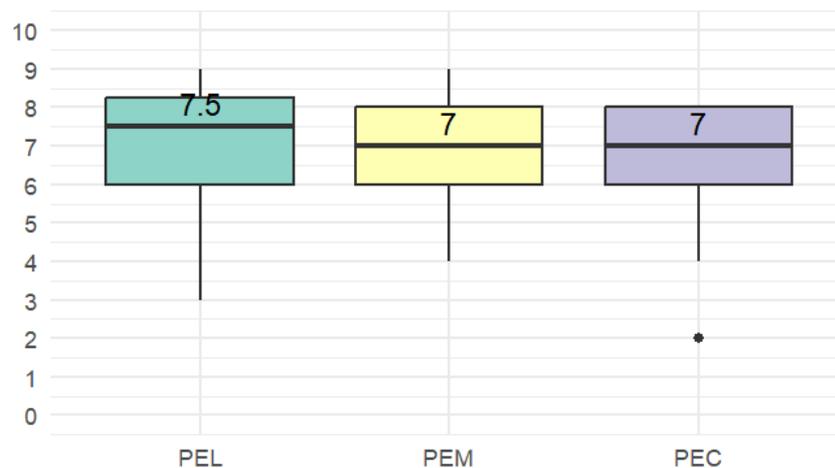
La RPE respiratorio declarada al final del entrenamiento mostró diferencias significativas entre los protocolos ( $p = 0.008$ ). El contraste por pares indicó una diferencia significativa entre PEC y PEL ( $p = 0.004$ ), mientras que la comparación entre PEC y PEM arrojó un valor  $p$  ajustado ligeramente superior al umbral de significancia ( $p = 0.054$ ). No se encontraron diferencias significativas entre PEL y PEM ( $p = 0.550$ ) (Figura 11).

**Figura 11**  
Mediana de la RPE respiratorio para cada protocolo



En cuanto al esfuerzo percibido en las piernas, no se encontraron diferencias significativas entre los tres protocolos ( $p = 0.338$ ). Como se observa en la *Figura 12*, la mediana de esta percepción no supera el valor de 0.5, en ninguno de los casos, en una escala del 1 al 10.

**Figura 12**  
Mediana RPE de piernas para cada protocolo



### 5.2.3 Preferencias de entrenamiento

En cuanto a la preferencia de protocolos posterior al entrenamiento, el 50% de los atletas (10 participantes) seleccionó al PEM como el entrenamiento que preferirían realizar si la decisión dependiera únicamente de ellos. El 50% restante se dividió equitativamente entre PEL y PEC (*Tabla 9*).

**Tabla 9**  
*Escala de Preferencia*

N	¿Cuál elegirías?			Gusto del 1 al 7		
	PEL	PEM	PEC	PEL	PEM	PEC
S1		X		3	2	3
S2			X	4	2	1
S3		X		4	2	6
S4			X	5	4	2
S5	X			1	4	4
S6			X	6	3	2
S7		X		6	1	2
S8	X			2	4	4
S9		X		6	1	2
S10			X	3	4	1
S11	X			2	3	6
S12		X		5	2	4
S13		X		4	1	2
S14	X			1	4	4
S15		X		4	1	7
S16		X		4	1	1
S17		X		3	1	2
S18			X	4	4	1
S19	X			2	5	4
S20		X		3	1	1
<b>Suma:</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>72</b>	<b>50</b>	<b>59</b>
	Media ± DE			<b>3.6 ± 1.5</b>	<b>2.5 ± 1.4</b>	<b>2.95 ± 1.9</b>
	Mediana			<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Nota:** 7 = completamente a disgusto; 4 = *neutro*; 1 = *Completamente a gusto*.

Al puntuar el gusto por cada uno de los protocolos, PEM fue el que obtuvo menor puntaje total, lo que indica mayor preferencia, sumando 50 puntos totales (un promedio de 2.5 puntos sobre 7 por atleta). En cambio, PEC y PEL tuvieron puntajes mayores, a pesar de haber sido seleccionados como el preferido por la misma cantidad de atletas. PEC sumó 59 puntos y PEL 72, con medias de 2.95 y 3.6, respectivamente. La mediana del gusto para PEM y PEC fue 2, mientras que para PEL fue 4. Estos resultados evidencian que PEM es el de mayor preferencia entre los atletas participantes, seguido por PEC y, finalmente, PEL.

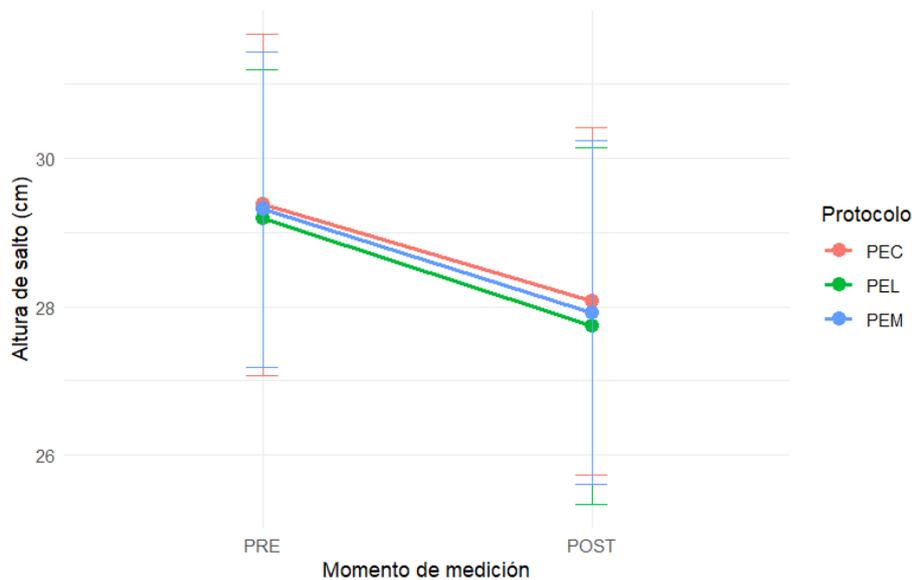
#### 5.2.4 Registros pre y post entrenamiento

Los datos obtenidos de CMJ pre y post entrenamiento indican que, en promedio, los atletas suelen perder entre 1 y 2 cm de altura de salto al culminar un HIIT de resistencia. Estos datos evidenciaron un efecto estadísticamente significativo ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2_p = 0.024$ ), lo que respalda la tendencia a la disminución de la capacidad de salto después del entrenamiento.

Al comparar entre protocolos, se encontró que en PEL la pérdida fue de  $1.45 \pm 1.31$  cm; en PEM  $1.40 \pm 1.89$  cm y en PEC  $1.30 \pm 1.87$  cm (*Figura 13*). Sin embargo, esta comparación entre protocolos no mostró diferencias significativas ( $p = 0.849$ ;  $\eta^2_p < 0.001$ ). Además, la interacción entre protocolo y momento del salto tampoco fue significativa ( $p = 0.958$ ;  $\eta^2_p < 0.001$ ), lo que sugiere que el efecto del entrenamiento fue consistente en los tres protocolos. La información desglosada por atleta se encuentra en la *Tabla F1 del Anexo F*.

**Figura 13**

*Comparativa entre altura de saltos CMJ pre y post por protocolo*



En el análisis del valor rMSSD de la VFC pre y post entrenamiento, se observó un descenso en todos los protocolos: PEL ( $29.91 \pm 22.27$  ms), PEM ( $26.66 \pm 21.20$  ms) y PEC ( $32.96 \pm 20.35$  ms) (*Figura 14*). Se encontró un efecto estadísticamente significativo en el descenso de los valores pre y post en todos los entrenamientos y

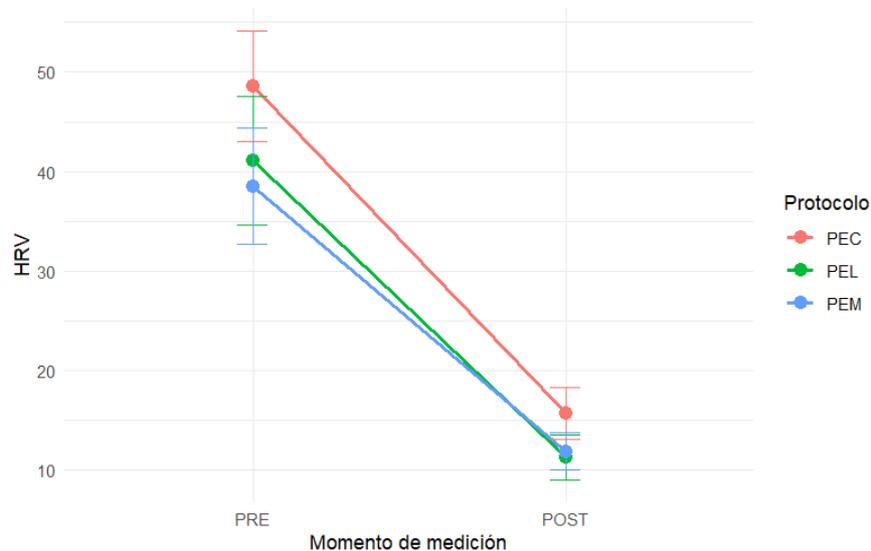
atletas ( $p < 0.001$ ;  $\eta^2g = 0.364$ ). En la *Tabla F2 del Anexo F* se puede encontrar la información de cada sujeto.

Al comparar entre protocolos, se hallaron diferencias significativas en los valores totales obtenidos ( $p = 0.018$ ;  $\eta^2g = 0.024$ ), lo que sugiere que el rMSSD varió según el protocolo aplicado. PEC presentó los valores más altos, mientras que PEL mostró los más bajos. Valores de  $\eta^2g$  pequeños (menores a 0.06) sugieren efectos limitados en términos prácticos, a pesar de la significación estadística.

En cambio, la interacción entre el protocolo y momento de medición (pre y post) no fue significativa ( $p = 0.364$ ;  $\eta^2g = 0.004$ ), lo que indica que el efecto fue similar en los tres protocolos. Es decir, no se observaron diferencias significativas entre protocolos en la comparación de los valores antes y después del entrenamiento.

En síntesis, el entrenamiento produjo un cambio significativo en rMSSD según el momento de medición (pre y post), y existieron diferencias entre los protocolos independientemente de dicho momento. Sin embargo, la ausencia de una interacción significativa sugiere que todos los protocolos tuvieron un efecto comparable en la disminución de los valores de rMSSD.

**Figura 14**  
*Comparativa de rMSSD pre y post por protocolo*



## 6. Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo describir y comparar las respuestas fisiológicas y perceptivas agudas generadas por tres protocolos HIIT, diferenciados por la longitud de los intervalos de trabajo, pero equiparados en volumen total y en la relación trabajo/pausa, en corredores de fondo altamente entrenados. El propósito central fue aportar evidencia empírica que permita comprender los efectos específicos que cada formato de entrenamiento puede inducir en este tipo de atletas, con la intención de ofrecer insumos relevantes para investigadores, entrenadores y deportistas.

El análisis de los protocolos contempló variables fisiológicas, perceptivas y de fatiga post entrenamiento. Entre los principales hallazgos se destacan: (1) el protocolo de intervalos largos (PEL) fue el que registró el  $VO_2$  durante los períodos de esfuerzo, así como el mayor tiempo acumulado por encima del 90% del  $VO_{2m\acute{a}x}$  (“zona roja”); (2) los tres protocolos permitieron mantener a los atletas por encima del 90% de la  $FC_{m\acute{a}x}$  durante un tiempo considerable (más de 20 minutos en promedio, lo que representa alrededor del 65% del tiempo total de la sesión), destacándose el protocolo de intervalos cortos (PEC) como el que alcanzó los valores más altos en esta variable; (3) no se observaron diferencias significativas en la FC media durante el tiempo de esfuerzo entre los tres protocolos; y (4) PEL generó la mayor RPE y fue el menos preferido por los atletas, PEC fue percibido como el menos demandante, y el protocolo de intervalos medios (PEM) recibió la mayor valoración en términos de preferencia.

La discusión de los resultados se estructurará en tres apartados principales. En primer lugar, se abordarán las respuestas fisiológicas, con foco en el comportamiento del  $VO_2$  y la FC. En segundo lugar, se analizarán las respuestas perceptivas y las preferencias manifestadas por los atletas. Por último, se examinarán las respuestas de fatiga post entrenamiento, a partir de los cambios en el rendimiento neuromuscular evaluado mediante saltos CMJ y de indicadores de VFC. Finalmente, se cerrará la discusión haciendo mención a las limitaciones que presentó el estudio.

### Respuestas fisiológicas

En primer lugar, se destaca que PEL generó valores significativamente más altos de  $VO_2$  durante los períodos de esfuerzo, en comparación con PEM y PEC, entre los cuales no se observaron diferencias significativas. Este hallazgo sugiere que los intervalos de mayor duración ofrecen un estímulo más efectivo sobre la potencia aeróbica, uno de los objetivos principales del HIIT en corredores de fondo. Estos resultados coinciden con lo señalado por Seiler y Sjursen (2004), quienes sostienen que los intervalos de 3 a 5 minutos son especialmente eficaces para estimular el  $VO_{2máx}$  en atletas de resistencia.

Del mismo modo, los hallazgos son consistentes con los reportados por Tucker et al. (2015), quienes encontraron que protocolos de 4 minutos de carrera con 3 minutos de recuperación, ejecutados al 90-95% de la  $FC_{máx}$ , generaron, durante el tiempo de esfuerzo, un  $VO_2$  medio superior al observado en protocolos de 1 minuto de carrera con 1 minuto de recuperación.

El análisis del tiempo acumulado por encima del 90% del  $VO_{2máx}$  ( $T@VO_{2máx}$ ) también indicó que PEL permitió mantener a los corredores durante más tiempo en la denominada “zona roja”. Este resultado refuerza la efectividad de los intervalos largos para estimular adaptaciones que requieren intensidades cercanas a la potencia aeróbica máxima. Agnol et al. (2021) encontraron resultados similares al comparar pasadas de 4 minutos con 2 de pausa frente a otras variantes. Reportaron que estos intervalos produjeron valores superiores de  $T@VO_{2máx}$  que intervalos más largos y/o con pausas más breves.

Faelli et al. (2022), en la misma línea, observaron mayores valores de  $T@VO_{2máx}$  con intervalos de 4 minutos de esfuerzo y 3 minutos de recuperación, respecto a intervalos de 30 segundos de esfuerzo y 30 segundos de recuperación. En nuestro estudio, PEL fue el protocolo que permitió alcanzar el 90% del  $VO_{2máx}$  en menor tiempo, lo cual sugiere una rápida activación (cinética) del sistema aeróbico, probablemente porque la duración del primer intervalo es suficiente para alcanzar o aproximarse a la meseta del  $VO_2$  (Buchheit & Laursen, 2013).

No obstante, a pesar de los patrones generales observados, los datos revelaron una considerable variabilidad interindividual en el  $T@VO_2\text{máx}$ , similar a lo reportado en la literatura (Agnol et al., 2021; Sánchez-Otero et al., 2022). Algunos atletas no alcanzaron el 90% de su  $VO_2\text{máx}$  en los protocolos PEM y PEC, o lo hicieron durante breves período de tiempo. Para ilustrar estas diferencias individuales, en el *Anexo H* se presentan los gráficos de  $VO_2/\text{kg}$  y FC de cuatro participantes, discriminados por protocolo, lo cual refuerza la importancia de considerar la fisiología individual en la prescripción del entrenamiento.

En cuanto a la FC, durante el tiempo de esfuerzo no se observaron diferencias significativas entre protocolos en el promedio de latidos por minuto ( $171.1 \pm 20.1$  en PEL;  $169.6 \pm 19.0$  en PEM y  $172.3 \pm 13.1$  en PEC). Esto indica que, en el HIIT, la FC no refleja con precisión la demanda de  $VO_2$  ni constituye un indicador fiable para la prescripción y el monitoreo de la intensidad del ejercicio.

Sin embargo, al considerar el tiempo por encima del 90% de la  $FC\text{máx}$ , PEC se destacó como el protocolo con mayor duración en esta zona, pese a haber registrado menor  $T@VO_2\text{máx}$ . Esta discrepancia podría explicarse por la diferencia en la cinética de ambas variables: mientras la FC responde rápidamente a los cambios de intensidad, el  $VO_2$  tiene una latencia mayor en alcanzar valores máximos (Poole et al., 2008).

En relación con el tiempo necesario para alcanzar el 90% de la  $FC\text{máx}$ , PEL fue el protocolo que requirió menos tiempo ( $146.3 \pm 269.2$  s), seguido de PEM ( $186.7 \pm 424.2$  s) y PEC ( $521.2 \pm 770.0$  s). Las diferencias fueron significativas entre PEL y PEC ( $p$  ajustado = 0.012) y entre PEM y PEC ( $p$  ajustado = 0.003), pero no fueron significativas entre PEL y PEM ( $p$  ajustado = 1.000). Se destaca que, si bien PEC requiere un tiempo considerablemente mayor para alcanzar el 90% de la  $FC\text{máx}$ , una vez superado este umbral, los atletas permanecieron en esta zona durante el resto de la sesión.

El diseño de los intervalos de pausa (diferente duración) también impactó, como era esperable, en los valores fisiológicos durante la recuperación: los protocolos con pausas más breves, como PEC, registraron mayores valores medios de  $VO_2/\text{kg}$  y

FC en esos períodos. Esta diferencia influyó en los promedios globales de las sesiones, en los que PEC presentó los valores más altos de  $VO_2/kg$  y FC, seguido por PEM y, por último, PEL.

Un hallazgo llamativo fue que la FC media durante las pausas de PEC fue superior a la registrada durante los esfuerzos. Esta situación podría deberse al incremento de la FC post esfuerzo como mecanismo compensatorio para mantener un GC elevado ante la disminución del VS. Este fenómeno, que se observó de forma más marcada en mujeres, ameritaría ser estudiado con mayor precisión en futuras investigaciones. La cardiografía por impedancia sería una tecnología apropiada para tal fin.

Asimismo, aunque los tres protocolos tuvieron el mismo volumen total (6000 m), PEC fue el que requirió más tiempo para completar la sesión (entre 3 y 5 minutos más). También fue el protocolo que exigió correr a la mayor velocidad y el que mantuvo más tiempo a los atletas por encima del 90% de la  $FC_{m\acute{a}x}$ .

Estos resultados indican que PEC, si bien no maximiza el  $VO_2_{m\acute{a}x}$  en la misma medida que las otras dos propuestas, permite correr durante más tiempo a altas velocidades y mantener elevados valores de FC. Importa destacar que, el hecho de que PEC implique correr a mayor velocidad y requiera aceleraciones y desaceleraciones en cada repetición (para arrancar y frenar) favorece un mayor reclutamiento de fibras musculares tipo II. Por lo tanto, se puede hipotetizar que este tipo de protocolo podría ser especialmente eficaz para estimular adaptaciones oxidativas en dichas fibras, lo cual resultaría beneficioso para atletas de fondo que buscan mejorar su eficiencia en intensidades altas de carrera.

Finalmente, en cuanto a la FR, no se encontraron diferencias significativas entre protocolos ni en el tiempo total ( $p = 0.754$ ), ni durante el esfuerzo ( $p = 0.678$ ), ni en las pausas ( $p$  ajustada = 0.08), lo que indica que esta variable no se vio sustancialmente afectada por la estructura de los protocolos empleados en el estudio.

### Percepción subjetiva de esfuerzo

En los tres protocolos estudiados, se observó un incremento progresivo en la RPE a lo largo de la sesión, lo cual resulta esperable ante una carga acumulativa de trabajo de alta intensidad. No obstante, se destaca que PEC fue percibido como el menos exigente en términos generales, registrando valores de la RPE significativamente menores en comparación con PEM y PEL. Estos hallazgos son coherentes con lo reportado en estudios previos, como los de Cipryan et al. (2017) y Warr-di Piero et al. (2018), que también evidenciaron una menor percepción de esfuerzo en sesiones con esfuerzos más breves y fraccionados.

Una tendencia similar se constató al analizar la RPE respiratoria, evaluada al finalizar el entrenamiento, donde nuevamente PEC mostró los valores más bajos. Este resultado sugiere que el mayor componente ventilatorio estuvo asociado a los protocolos con intervalos más largos, que también presentaron mayores valores de  $VO_2$ , particularmente PEL. Este comportamiento respalda la noción de que una mayor exigencia cardiorrespiratoria durante los esfuerzos se traduce en una mayor percepción de fatiga a nivel respiratorio.

Por el contrario, cuando se analizó la RPE localizada en los miembros inferiores, no se encontraron diferencias significativas entre protocolos. Este hallazgo indica que, pese a la mayor velocidad de carrera sostenida en PEC, no se percibió un mayor esfuerzo muscular específico en las piernas. Este dato resulta relevante, ya que sugiere que correr a intensidades cercanas a la  $vVO_{2\text{máx}}$ , pero en intervalos muy breves, puede permitir mantener altas velocidades sin generar una sobrecarga perceptiva localizada, lo cual podría ser beneficioso en ciertos momentos de la planificación del entrenamiento.

En conjunto, los resultados de la RPE general, respiratoria y localizada aportan información valiosa sobre la carga percibida en los distintos protocolos, permitiendo comprender mejor cómo responden los atletas no solo desde el punto de vista fisiológico, sino también subjetivo. Estos indicadores perceptivos resultan especialmente útiles para el monitoreo cotidiano del entrenamiento y la toma de decisiones por parte de entrenadores y deportistas.

### Preferencias de entrenamiento

En relación con las preferencias manifestadas por los atletas respecto a los protocolos evaluados, se observó que PEL fue el menos elegido de forma notable, seguido por PEC, mientras que PEM resultó ser el de mayor preferencia. Si bien no se identificaron en la bibliografía estudios que utilicen escalas de preferencia para comparar entrenamientos con características similares, la inclusión de esta variable ofrece un aporte valioso para la planificación del entrenamiento, al integrar dimensiones psicológicas y motivacionales junto con los efectos fisiológicos esperados.

Un dato relevante es que los 20 corredores participantes afirmaron realizar con frecuencia entrenamientos de características similares al PEL y al PEM, mientras que ninguno estaba habituado a protocolos con esfuerzos tan breves y repetidos como los de PEC. Aun así, esta propuesta menos convencional mostró una buena aceptación por parte de los atletas, lo que evidencia que no necesariamente la familiaridad con una rutina determina su preferencia posterior. Por el contrario, las pasadas largas, a pesar de ser frecuentes en su planificación habitual, fueron claramente las menos valoradas. Estos resultados están en consonancia con los valores de la RPE general y respiratoria, que también fueron mayores en PEL. Esto sugiere que la menor preferencia por este protocolo puede explicarse, al menos en parte, por la mayor carga perceptiva experimentada por los atletas.

No obstante, cabe señalar, que el orden de aplicación de los protocolos fue preestablecido por los investigadores, con el propósito de garantizar una progresión en el aumento de intensidad de los intervalos de esfuerzo: PEL fue siempre la primera sesión, seguida de PEM y, finalmente, PEC. Si bien la consigna de preferencia se refirió explícitamente a futuros entrenamientos y no al orden en que se realizaron, no puede descartarse que este factor haya influido, especialmente teniendo en cuenta que PEL fue el primer protocolo realizado con espirómetro en pista. Este contexto podría haber potenciado la percepción de dificultad y, en consecuencia, influido negativamente en su valoración por parte de los atletas.

### Fatiga posterior a los entrenamientos

En relación con los indicadores de fatiga post entrenamiento, los resultados obtenidos en los saltos CMJ evidenciaron una leve disminución en la capacidad de salto luego de la finalización de los tres protocolos de entrenamiento, en comparación con los valores registrados antes de las sesiones. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los protocolos, lo que coincide con los hallazgos de García-Pinillos et al. (2021), quienes señalan que este marcador de fatiga neuromuscular no resulta sensible ni específico para valorar la carga externa aguda en sesiones de carrera en corredores de resistencia. Cabe destacar que, si bien inicialmente habíamos considerado utilizar el índice de fuerza reactiva (mediante alfombra de contacto, posible de calcular a partir de la relación entre el tiempo de vuelo, o la altura del salto, y el tiempo de contacto) para valorar la fatiga post entrenamiento, finalmente optamos por evaluar únicamente la altura del salto. Esta decisión se basó en la escasa experiencia de los atletas en la ejecución de este tipo de pruebas, lo cual podía comprometer la validez de los registros, en particular del tiempo de contacto. Dado que el índice de fuerza reactiva es un indicador más sensible pero altamente dependiente de una ejecución técnica precisa, se priorizó una variable más simple, robusta y menos influenciada por la técnica, como es la altura alcanzada en el salto.

Respecto a la VFC, los valores del parámetro rMSSD se redujeron inmediatamente después de las sesiones en todos los protocolos, lo que es consistente con lo reportado por Cipryan et al. (2017). Este descenso refleja una inhibición transitoria del sistema nervioso parasimpático producto del esfuerzo, y se interpreta como una respuesta esperable al estrés fisiológico inducido por el entrenamiento de alta intensidad. Si bien estos autores señalaron que los protocolos con intervalos más cortos (30 segundos) tendían a provocar una disminución más marcada del rMSSD que aquellos con esfuerzos de mayor duración (3 minutos), no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre protocolos, un resultado que se replica en la presente investigación.

En conjunto, estos hallazgos indican que, si se pretende valorar la fatiga post entrenamiento, se requiere incorporar otras herramientas y marcadores, reconociendo las limitaciones de cada uno y su utilidad dentro de un enfoque de monitoreo integral.

#### Limitaciones del estudio

Una de las principales limitaciones del estudio fue la imposibilidad de contar con mediciones de lactato sanguíneo, debido a dificultades logísticas durante la recolección de datos. La incorporación de este parámetro habría permitido complementar y contrastar las respuestas fisiológicas observadas a través del  $VO_2$  y la FC, especialmente en lo relativo a la intensidad metabólica alcanzada en cada protocolo.

Asimismo, la decisión metodológica de no aleatorizar el orden de los protocolos —tomada con el fin de garantizar un incremento progresivo en la intensidad del ejercicio a medida que disminuía la duración de las pasadas— podría haber introducido un sesgo en las valoraciones subjetivas. Este sesgo podría haberse manifestado tanto en la percepción del esfuerzo como en las preferencias de los participantes, especialmente durante la primera sesión con el espirómetro portátil, cuando los atletas tenían muy escasa experiencia con el dispositivo.

Por otra parte, si bien la muestra de 20 atletas, incluyendo 10 mujeres, fue suficiente para los análisis estadísticos realizados, su tamaño restringe la posibilidad de generalizar los resultados a otras poblaciones. Además, el hecho de que la investigación se haya desarrollado en un contexto real con deportistas entrenados, si bien incrementa la validez ecológica de los resultados, también reduce la capacidad de control de variables externas que pueden haber influido en las respuestas fisiológicas y perceptivas registradas.

## 7. Conclusiones

Los tres protocolos HIIT evaluados demostraron ser estímulos de entrenamiento eficaces para corredores de fondo, generando respuestas fisiológicas y perceptivas relevantes. Sin embargo, cada uno presentó características específicas que orientan su aplicación según los objetivos particulares del entrenamiento que se persigan.

El protocolo largo (5x1200 m, con 3'30" de pausa) fue el que indujo un mayor  $VO_2$  durante el tiempo efectivo de esfuerzo y permitió mantener durante más tiempo valores en la denominada "zona roja" de  $VO_2$ , lo que lo posiciona como una herramienta eficaz para estimular la potencia aeróbica. Sin embargo, fue también el más exigente en términos de percepción subjetiva de esfuerzo (RPE más alto) y el de menor preferencia entre los atletas.

El protocolo medio (15x400 m, con 1'10" de pausa) mostró valores intermedios de  $VO_2$  y FC en todas las fases del entrenamiento, así como en duración total de la sesión y velocidad de desplazamiento. A pesar de no ser el protocolo menos demandante (RPE intermedio), fue el más valorado por los atletas, destacándose como una opción equilibrada entre eficacia fisiológica y aceptación subjetiva.

El protocolo corto (60x100 m, con 18" de pausa) se caracterizó por una mayor duración total de la sesión y por permitir a los atletas correr a velocidades superiores. Fue el que presentó los valores más altos de  $VO_2$  y FC al considerar la sesión completa (esfuerzo + pausa) y acumuló más tiempo por encima del 90% de la  $FC_{máx}$ . Además, fue el que generó menor percepción de esfuerzo (RPE más bajo) y se ubicó en segundo lugar en la escala de preferencia, lo que respalda su implementación como una estrategia válida y potencialmente útil para ser incorporada en el entrenamiento de corredores de fondo.

Finalmente, los tres protocolos provocaron una disminución significativa en la altura del CMJ tras la sesión, así como un descenso en los valores de rMSSD de la VFC, sin diferencias entre ellos. Esto sugiere una respuesta neuromuscular y una modulación parasimpática aguda similares entre protocolos.

Se espera que los hallazgos de este estudio puedan contribuir al diseño de programas de entrenamiento para corredores de fondo que contemplen no solo los efectos fisiológicos, sino también las respuestas subjetivas y las preferencias individuales de los atletas.

## **8. Futuras líneas de investigación**

A partir de los resultados obtenidos, se propone como línea futura de investigación el análisis de respuestas fisiológicas ante sesiones de entrenamiento que combinen pasadas de diferentes longitudes dentro de una misma sesión. Una hipótesis a explorar es que iniciar el entrenamiento con una o dos pasadas largas (de entre 1000 y 2000 metros), seguidas de pasadas más cortas (de entre 100 y 400 metros), podría conducir a valores de  $\text{VO}_2$  aún más altos, prolongar el tiempo en “zona roja”, permitir mayores velocidades de carrera y, al mismo tiempo, generar una menor RPE.

Asimismo, se sugiere realizar estudios longitudinales que evalúen las adaptaciones fisiológicas y de rendimiento generadas por la aplicación sostenida de estos protocolos, ya sea de manera aislada o combinada, en atletas de fondo altamente entrenados. Resulta particularmente relevante evaluar los efectos del protocolo corto (PEC), dada su escasa aplicación habitual en corredores de fondo, a pesar de su buena aceptación y de los efectos observados.

Finalmente, se sugiere incorporar, en estudios futuros, herramientas complementarias de evaluación tales como oximetría muscular mediante espectroscopía funcional del infrarrojo cercano (NIRS), electromiografía de superficie, o análisis de VFC en condiciones basales y de recuperación, con el objetivo de ofrecer un abordaje más integral del impacto agudo y crónico de los distintos tipos de HIIT en el entrenamiento de resistencia.

### **Conflicto de intereses**

El autor del trabajo declara no tener conflicto de intereses.

### **Financiaciones**

La investigación recibió el apoyo del Programa Iniciación a la Investigación de CSIC en el año, 2023. Además, contó con el apoyo de ANII a través del Programa a Becas de Posgrado Nacionales (Maestría), en la sublínea Investigación Fundamental, 2022.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Abeytua Jiménez, M., Berenguel Senén, A., & Castillo Martín, J. I. (2019). *Comprendiendo la ergometría con gases*. Omnicordis SLP.
- Agnol, C. D., Turnes, T., & De Lucas, R. D. (2021). Time spent near VO<sub>2</sub>max during different cycling self-paced interval training protocols. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(9), 1347–1353. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2020-0314>
- Bartlett, J. D., Close, G. L., Maclaren, D. P. M., Gregson, W., Drust, B., & Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 547–553. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.545427>
- Benítez-Flores, S., Castro, F. A. D. S., Lusa Cadore, E., & Astorino, T. A. (2022). Sprint interval training attenuates neuromuscular function and vagal reactivity compared with high-intensity functional training in real-world circumstances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(5), 1070–1078. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004358>
- Billat, V. L. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13–31. <https://doi.org/doi:10.2165/00007256-200131010-00002>.
- Billat, V. L., Slawinski, J., Bocquet, V., Chassaing, P., Demarle, A., & Koralsztein, J. P. (2001). Very short (15s - 15s) interval-training around the critical velocity allows middle-aged runners to maintain  $\dot{V}O_2$  max for 14 minutes. *International Journal of Sports Medicine*, 22(3), 201–208. <https://doi.org/10.1055/s-2001-16389>
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377–381.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Chaouachi, M., Chaouachi, A., Chamari, K., Chtara, M., Feki, Y., Amri, M., & Trudeau, F. (2005). Effects of dominant somatotype on aerobic capacity trainability. *British Journal of Sports Medicine*, 39(12), 954–959. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019943>
- Cipryan, L. (2016). Within-session stability of short-term heart rate variability measurement. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 85–92. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0146>
- Cipryan, L., Tschakert, G., & Hofmann, P. (2017). Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16(2), 219–229.
- Coates, A. M., Joyner, M. J., Little, J. P., Jones, A. M., & Gibala, M. J. (2023). A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health.

- Sports Medicine*, 53(s1), 85–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01938-6>
- Daniels, J. (2014). *Daniels' Running Formula* (3rd ed.). Human Kinetics.
- Esfarjani, F., & Laursen, P. B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO2 max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(1), 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.014>
- Etxebarria, N., Anson, J. M., Pyne, D. B., & Ferguson, R. A. (2014). High-intensity cycle interval training improves cycling and running performance in triathletes. *European Journal of Sport Science*, 14(6), 521–529. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.853841>
- Faelli, E., Panasci, M., Ferrando, V., Codella, R., Bisio, A., & Ruggeri, P. (2022). High-intensity interval training for rowing: Acute responses in national-level adolescent males. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph19138132>
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/doi:10.2165/00007256-200939060-00003>
- Fox, E. L., Robinson, S., & Wiegman, D. L. (1969). Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology*, 27(2), 174–178. <https://doi.org/10.1152/jappl.1969.27.2.174>
- García-Pinillos, F., Ramírez-Campillo, R., Boullosa, D., Jiménez-Reyes, P., & Latorre-Román, P. (2021). Vertical jumping as a monitoring tool in endurance runners: A brief review. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 297–308. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0101>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Seiler, S., & Tønnessen, E. (2022). The training characteristics of world-class distance runners: An integration of scientific literature and results-proven practice. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00438-7>
- Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J. A., Párraga, J. A., & González-Badillo, J. J. (2016). Mechanical, metabolic and perceptual response during sprint training. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10), 807–812. <https://doi.org/10.1055/s-0042-107251>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*, 586(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Jung, M. E., Bourne, J. E., & Little, J. P. (2014). Where does HIT fit? an examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate- And continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. *PLoS ONE*, 9(12), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114541>
- Kenney, W. L., Wilmore, J., H. & Costill, D, L. (2022). *Physiology of Sport and Exercise* (8 edition). Human Kinetics.
- Kohn, T. A., Essén-Gustavsson, B., & Myburgh, K. H. (2011). Specific muscle adaptations in type II fibers after high-intensity interval training of well-trained runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 765–772. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01136.x>
- Laursen, P & Buchheit, M. (2018). *Science and application of high-interval training:*

- solutions to the programming puzzle*. (Human Kinetics (ed.); 1st ed.).
- López Chicharro, J. & Vicente Campos, D. (2017). *Umbral Láctico. Bases fisiológicas y aplicación al entrenamiento*. (1ra ed.). Editorial Medica Panamericana S.A.
- López Chicharro, J. & Vicente Campos, D. (2018). *HIIT de la teoría a la práctica* (1ra ed.). Exercise Physiology and Training.
- Markov, A., Bussweiler, J., Helm, N., Arntz, F., Steidten, T., Krohm, L., Sacot, A., Baumert, P., Puta, C., & Chaabene, H. (2023). Acute effects of concurrent muscle power and sport-specific endurance exercises on markers of immunological stress response and measures of muscular fitness in highly trained youth male athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 123(5), 1015–1026. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05126-8>
- McArdle, W; Katch, F & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance* (8th ed.). Lippincot Williams and Wilkins.
- Melo, H. M., Martins, T. C., Nascimento, L. M., Hoeller, A. A., Walz, R., & Takase, E. (2018). Ultra-short heart rate variability recording reliability: The effect of controlled paced breathing. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 23(5), 1–9. <https://doi.org/10.1111/anec.12565>
- Midgley, A. W. & Mc Naughton, L. R. (2006). Time at or near VO<sub>2</sub>max during continuous and intermittent running. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 1–14.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., & Jones, A. M. (2007). Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: Can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? *Sports Medicine*, 37(10), 857–880. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737100-00003>
- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO<sub>2</sub>max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(10), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>
- Mora, R., Pallarés, J. G., & Ortega, J. F. (2020). *Fisiología del Deporte y el Ejercicio. Prácticas de campo y laboratorio* (2da ed.). Editorial Medica Panamericana S.A.
- Morcillo, J., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., Lozano, E., Ortega-Becerra, M. & Párraga, J. (2015). Relationships between repeated sprint ability, mechanical parameters, and blood metabolites in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1673–1682. [https://doi.org/29\(6\)/1673–1682](https://doi.org/29(6)/1673-1682)
- Muñoz, C. S., Muros, J. J., Belmonte, Ó. L., & Zabala, M. (2020). Anthropometric characteristics, body composition and somatotype of elite male young runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph17020674>
- Ortigosa, J., Reigal, R. E., Carranque, G., & Hernández-Mendo, A. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: Investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Revista Iberoamericana de Psicología Del Ejercicio y El Deporte*, 13(1), 121–130.

- Pedersen, A & Wale, O. (2017). *Aerobic short or long high intensity interval training – does it matter ?* (Master's thesis). University of Agder, Faculty of Health and Sport Sciences.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403–410. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0596-3>
- Poon, E. T. C., Chan, K. W., Wongpipit, W., Sun, F., & Wong, S. H. S. (2023). Acute physiological and perceptual responses to whole-body high-intensity interval training compared with equipment-based interval and continuous training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 22(3), 532–540. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.532>
- Rhodes, R. E., & Kates, A. (2015). Can the affective response to exercise predict future motives and physical activity behavior? A systematic review of published evidence. *Annals of Behavioral Medicine*, 49(5), 715–731. <https://doi.org/10.1007/s12160-015-9704-5>
- Rius Sant, J. (2005). *Metodología y técnicas del atletismo*. Editorial Paidotribo.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Vegge, G., Tønnessen, E., & Slettaløkken, G. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists - An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(2), 143–151. <https://doi.org/10.1111/sms.12165>
- RStudio Team. (2020). *RStudio: Integrated Development for R. Studio*. PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Sánchez-Otero, T., Tuimil, J. L., Boulosa, D., Varela-Sanz, A., & Iglesias-Soler, E. (2022). Active vs passive recovery during an aerobic interval training session in well-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1281–1291. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04926-2>
- Saunders, Philo U.; Pyne, David B.; Telford, Richard D.; & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465–485.
- Seiler, K. S. (2024). It's about the long game, not epic workouts: Unpacking HIIT for endurance athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 1599(Section 1), 1585–1599. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0012>
- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 276–291. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>
- Seiler, S., & Sjursen, J. E. (2004). Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), 318–325. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.00353.x>
- Stöggli, T. L., & Björklund, G. (2017). High intensity interval training leads to greater improvements in acute heart rate recovery and anaerobic power as high

- volume low intensity training. *Frontiers in Physiology*, 8(AUG), 1–8.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00562>
- Stöggl, T. L., & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Frontiers in Physiology*, 6(OCT), 295.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00295>
- Sylta, K., Tknnessen, E., Sandbakk, K., Hammarström, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Rknnestad, B. R., & Seiler, S. (2017). Effects of high-intensity training on physiological and hormonal adaptations in well-trained cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(6), 1137–1146.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001214>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., Hammarström, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Ravn, T., Rønneestad, B. R., Sandbakk, Ø., & Seiler, S. (2016). The effect of different high-intensity periodization models on endurance adaptations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2165–2174.  
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001007>
- Tan, R., Nederveen, J. P., Gillen, J. B., Joannis, S., Parise, G., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2018). Skeletal muscle fiber-type-specific changes in markers of capillary and mitochondrial content after low-volume interval training in overweight women. *Physiological Reports*, 6(5), 1–8.  
<https://doi.org/10.14814/phy2.13597>
- Thum, J. S., Parsons, G., Whittle, T., & Astorino, T. A. (2017). High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PLoS ONE*, 12(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166299>
- Tschakert, G., & Hofmann, P. (2013). High-intensity intermittent exercise: Methodological and physiological aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 600–610.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.600>
- Tucker, W. J., Sawyer, B. J., Jarrett, C. L., Bhammar, D. M., & Gaesser, G. (2015). Physiological responses to high-intensity interval exercise differing in interval duration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3326–3335.
- Valstad, S., von Heimburg, E., Welde, B., & van den Tillaar, R. (2018). Comparison of long and short high-intensity interval exercise bouts on running performance, physiological and perceptual responses. *Sports Medicine International Open*, 02(01), E20–E27. <https://doi.org/10.1055/s-0043-124429>
- Warr-di Piero, D., Valverde-Esteve, T., Redondo-Castán, J. C., Pablos-Abella, C., & Díaz-Pintado Sánchez Alarcos J. V. (2018). Effects of work-interval duration and sport specificity on blood lactate concentration, heart rate and perceptual responses during high intensity interval training. *PLoS ONE*, 13(7), 1–12.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200690>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 2(20). <https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/DoH-Oct2013-JAMA.pdf>

## 10. ANEXOS

Anexo A: Comités de Ética

Anexo B: Hoja de Información para participantes y consentimiento Informado

Anexo C: Hopper Index

Anexo D: Mejores marcas de los atletas

Anexo E: Escala de Borg

Anexo F: Mediciones pre y post entrenamiento

Anexo G: Resultados de ANOVA  $VO_2/kg$  y FC.

Anexo H: Ejemplos de valores individuales de  $VO_2/kg$  y FC.

**Anexo A: Comités de ética****Figura A1***Veredicto Comité de Ética ISEF*

**Montevideo**  
Parque Batlle s/n  
24800 102 - 2486 1866

Malvín Norte  
Rambla Euskal Erria 4101  
25265873

**Maldonado CURE**  
Tacuarembó esq. Av. Aparicio Saravia  
4225 5326 (telefax)

**Rivera CUR**  
Ituzaingo 667  
462 26313

**Paysandú CUP**  
Florida 1065  
4723 8342-int 107

Montevideo, 20 de setiembre de 2022

**COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN - ISEF**  
**Res. N°21/2022**

**VISTO:** la solicitud de Aval efectuada por el Lic. Bruno Escajal al Proyecto de Investigación: **"COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DE DISTINTOS PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO FRACCIONADO EN CORREDORES DE FONDO DE URUGUAY"** bajo la tutoría del Dr. Carlos Magallanes.-----

**RESULTANDO:** 1.- Que oportunamente, se efectuaron diversas sugerencias al precitado proyecto, a los efectos de su ajuste a la normativa imperante en la materia, en especial Decreto N° 158/019. 2.- Que en función de lo requerido, se presentó una nueva documentación por parte del interesado, adjuntando los documentos que en su versión definitiva, obran en anexo a la presente Resolución.-----

**CONSIDERANDO:** 1.- Que analizados los diversos documentos que componen el proyecto de investigación, se aprecia que han sido debidamente ajustados a las sugerencias oportunamente formuladas por parte de este Comité. 2.- Que, consecuentemente, se entiende que se ha dado cabal cumplimiento a los extremos requeridos en la normativa imperante en la materia, no existiendo observaciones que formular al respecto.-----

**ATENTO:** A lo expuesto precedentemente y a lo dispuesto en el Reglamento del Comité de Ética en Investigación de ISEF (Res. N° 6 de C.D.A. de 9/VII/2019 - Dist. 588/19 - D.O. 6/IX/2019).-----

**EL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DEL ISEF**  
**RESUELVE:**

1.- Otorgar el Aval al Proyecto **"COMPARACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DE DISTINTOS PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO FRACCIONADO EN CORREDORES DE FONDO DE URUGUAY"** bajo la tutoría del Dr. Carlos Magallanes a efectos de que pueda llevarse a cabo.-----

1



**isef**  
 Instituto Superior  
 de Educación Física  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

2.- Solicitar al investigador remita copia del Protocolo de Bioseguridad utilizado por el Centro Hospitalario Pereyra Rossell, en tanto será el utilizado en Proyecto, para constancia y antecedente de las actuaciones del Comité.-----

3.- Recordar al investigador que finalizado el proyecto deberá hacer entrega de un informe final del mismo.-----

4.- Notificar al interesado.-----

Mag. Sabrina Cervetto

Mag. Isabel Pastorino

Dra. Nancy Salvá

**ANDRÉS  
 FABIÁN  
 CERRONE  
 TOMASELLI**  
 Firmado digitalmente por ANDRÉS FABIÁN CERRONE TOMASELLI  
 Fecha: 2022.09.30 12:36:15 -03'00'



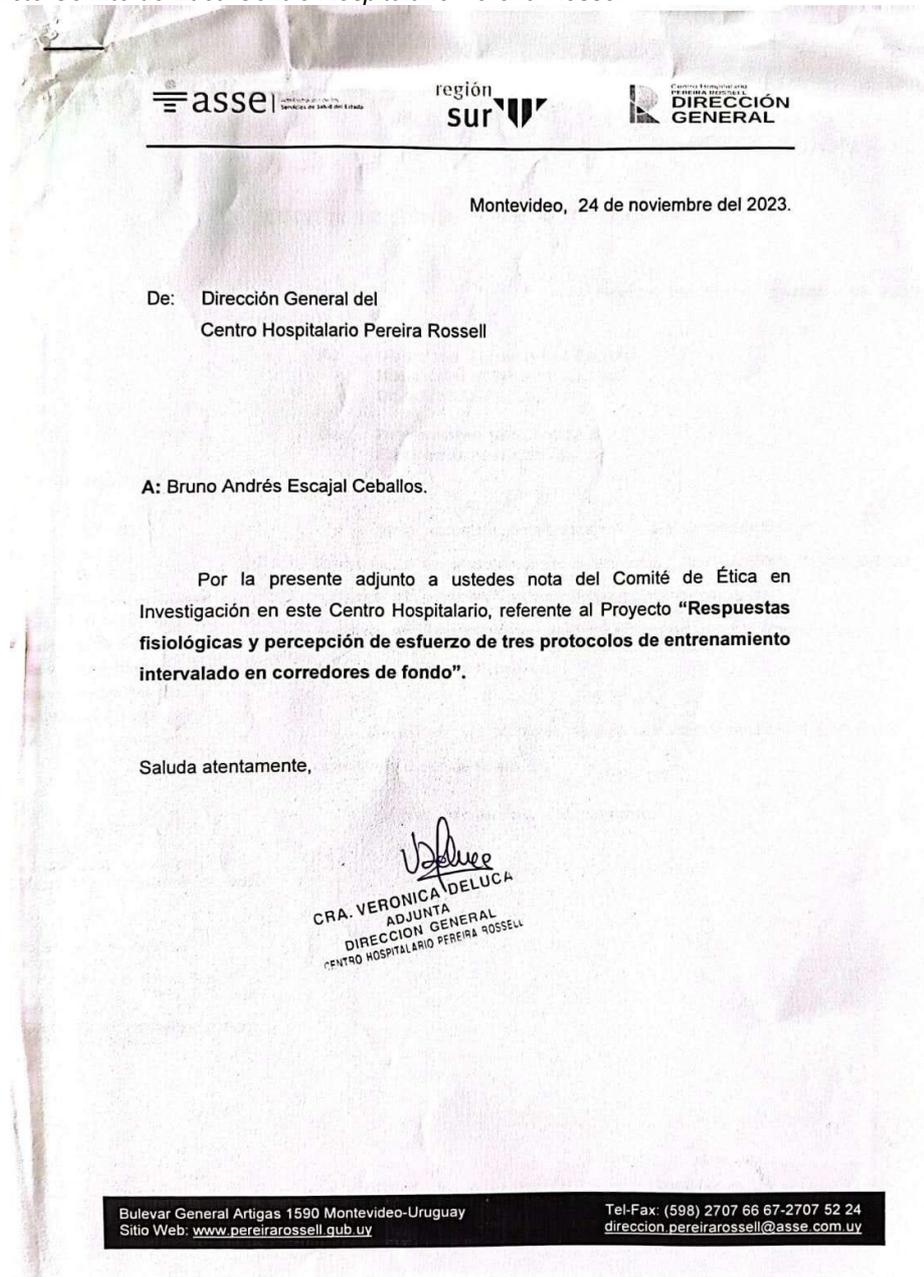
**Montevideo**  
 Parque Batlle s/n  
 24800 102 - 2486 1866

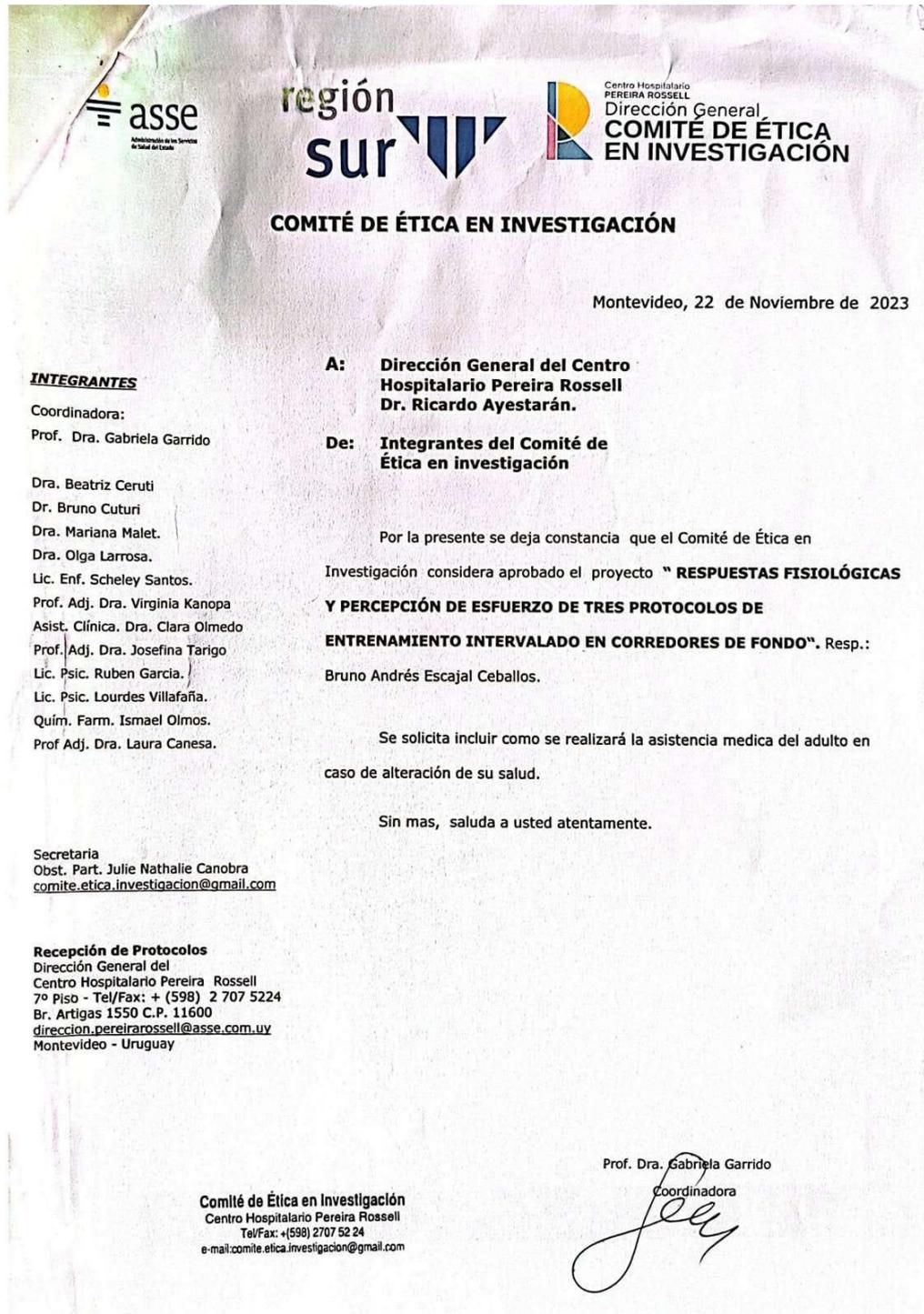
Malvín Norte  
 Rambla Euskal Erría 4101  
 25265873

**Maldonado CURE**  
 Tacuarembó esq. Av. Aparicio Saravia  
 4225 5326 (telefax)

**Rivera CUR**  
 Ituzaingó 667  
 462 26313

**Paysandú CUP**  
 Florida 1065  
 4723 8342-int 107

**Figura A2****Veredicto Comité de Ética Centro Hospitalario Pereira Rossell**



## **Anexo B: Hoja de Información para participantes y consentimiento informado**

### **Hoja de información**

#### **Título del proyecto**

Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de entrenamiento intervalado en corredores de fondo

#### **Investigador responsable**

Nombre: Bruno Escajal

Celular: 098709610

Mail: brunoescajal@hotmail.com

#### **Marco de referencia del proyecto**

El siguiente estudio constituye la tesis de maestría del investigador responsable (Bruno Escajal), la cual se desarrolla en el marco del Programa de Maestría en Educación Física del Instituto Superior de Educación Física de la Universidad de la República (ISEF-UDELAR).

#### **Propósito de la investigación**

El objetivo del presente estudio es analizar y comparar, en atletas de fondo, las respuestas fisiológicas y la percepción de esfuerzo de tres protocolos de entrenamiento intervalado de alta intensidad, que poseen de períodos de esfuerzo de diferente duración (larga, mediana y corta) y están equiparados en el volumen total y en la relación trabajo/pausa (ver abajo Descripción de las actividades experimentales).

#### **Participación libre y voluntaria**

La participación es completamente voluntaria y se podrá abandonar el estudio en cualquier momento sin necesidad de proporcionar ninguna justificación. En caso que algún participante desee información complementaria sobre el estudio que no esté incluida en este documento o se le haya explicado oralmente, podrá dirigirse cuando lo desee a cualquiera de los investigadores que están a cargo del proyecto.

#### **Lugar físico donde se llevará a cabo el estudio**

La evaluación inicial se realizará en el laboratorio LIEBRE ubicado en el Departamento de Imagenología del Centro Hospitalario Pereira Rossell. El resto de las actividades de

recolección de datos se llevarán a cabo en la pista oficial de atletismo del Prado o de Parque Batlle (Montevideo).

#### **Descripción de las actividades experimentales**

La actividad experimental consistirá en 4 sesiones de evaluación; la primera tendrá lugar en el laboratorio LIEBRE y los 3 restantes (en días diferentes) en la pista de atletismo. Cada sesión tendrá una duración aproximada de 90 minutos y se realizarán con doble frecuencia semanal, dejando un mínimo de 48 horas entre la realización de cada una de ellas. La primera sesión consistirá en una evaluación inicial en la que, además de medir el peso y la talla de cada atleta, se efectuará un test de esfuerzo máximo que tendrá una duración aproximada de 20 minutos. El test consiste en correr en un tapiz rodante en el que la velocidad irá aumentando de manera paulatina hasta que se alcance la fatiga (no se consiga mantener la velocidad). Durante el test se monitorizarán permanentemente parámetros cardiovasculares (frecuencia cardíaca, volumen sistólico, gasto cardíaco, presión arterial) y respiratorios (consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono). También se medirán los niveles de oxígeno a nivel muscular (en forma no invasiva, por oximetría). Adicionalmente, se registrará la percepción de esfuerzo utilizando una escala construida para tal fin.

En las otras 3 sesiones siguientes se llevarán a cabo los tres protocolos de entrenamiento intervalado, todos sobre una distancia total de 6.000 m. El protocolo de entrenamiento de intervalos largos consiste en cinco pasadas de 1200 m con 3 min y 30 s de pausa entre ellas, el medio en 15 pasadas de 400 m con 70 s de pausa y el corto en 60 pasadas de 100 m con 18s de pausa. Durante los descansos el atleta deberá mantenerse en reposo de pie o caminando lento (a elección de cada uno). La intensidad será establecida en función de la evaluación inicial, pero en ningún caso superará aquella intensidad que impida completar la totalidad de las pasadas. Como efectuado en la primera sesión (de evaluación) también se medirá el intercambio de gases respiratorios, la frecuencia cardíaca, los niveles de oxígeno muscular y la percepción de esfuerzo. En las pruebas de pista, también se medirá la concentración de lactato sanguíneo. Para esto se extraerá en intervalos regulares una gota de sangre de la yema del dedo o del lóbulo de la oreja. Además, se medirá la variabilidad de frecuencia cardíaca y la altura de un salto con contramovimiento máximo previo y una vez finalizado el ejercicio físico.

#### **Medidas de bioseguridad en el manejo de las muestras de sangre**

Las muestras de sangre extraídas de la yema del dedo o lóbulo de la oreja serán manejadas siguiendo el protocolo establecido por el Ministerio de Salud Pública.

### **Confidencialidad**

La información obtenida en este estudio será guardada confidencialmente en un laptop y un disco externo como respaldo, a los cuales sólo tendrán acceso los investigadores responsables y colaboradores del proyecto. Esta información estará a disposición de los sujetos participantes durante cualquier momento del estudio. En las publicaciones o comunicaciones que se vayan a realizar se resguardará el anonimato de los mismos.

### **Riesgos o efectos colaterales**

Las evaluaciones y pruebas físicas que se realizarán estarán acorde a las capacidades físicas de los participantes. Las mismas no implican riesgos para la salud ni la integridad física o psicológica de los atletas, más allá de los riesgos inherentes de la práctica deportiva. Aunque la probabilidad es baja, no se descarta la ocurrencia de alguna lesión músculo-esquelética (contractura o desgarro) o algún episodio cardíaco (presión arterial anormal, ritmo cardíaco muy lento o muy rápido y, raramente, algún accidente cardíaco). A través de la observación y monitorización continua que realizarán los investigadores a cargo del estudio, todo esfuerzo se hará para prevenir y minimizar eventuales complicaciones.

### **Beneficios que los deportistas obtendrán de este estudio**

A cada participante se le entregará un informe con los resultados de la evaluación inicial y de las sesiones de entrenamiento; información que eventualmente podrá ser utilizada para el ajuste de su programa de entrenamiento. Los atletas no recibirán ningún otro beneficio por participar en el estudio.

### **Atención médica**

En caso de ocurrir alguna lesión o complicación de salud, se proporcionará primeros auxilios por parte de personal instruido para ello. Las pistas de atletismo del Prado y Parque Batlle cuentan con servicio de emergencia móvil de Española Móvil y con desfibrilador externo automático.

Firma del participante .....

Aclaración .....

Fecha .....

Firma de un investigador responsable .....

Aclaración .....

Fecha .....

### **Hoja de consentimiento informado**

Declaro haber leído en su totalidad la información contenida en el documento "Hoja de Información" correspondiente al proyecto de investigación titulado: "*Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de entrenamiento intervalado en corredores de fondo*", bajo la responsabilidad del investigador Bruno Escajal.

He obtenido una copia de dicho documento donde consta la explicación del procedimiento experimental, los riesgos asociados, así como también la información de contacto del investigador responsable. Todas mis preguntas y dudas han sido contestadas en forma completa y satisfactoria. Mi firma, que consta a continuación, indica que voluntariamente he accedido y acepto participar en este estudio.

Firma del participante .....

Aclaración .....

Fecha .....

Firma de un investigador responsable .....

Aclaración .....

Fecha .....

**Anexo C Hopper Index**

**Figura C1**

*Referencias Hooper Index*

**¿Cómo es tu estado actual?**

Sueño		Stress	
1	Muy, muy bien	1	Muy, muy bajo
2	Muy bien	2	Muy bajo
3	Bien	3	Bajo
4	Medio	4	Medio
5	Malo	5	Alto
6	Muy malo	6	Muy alto
7	Muy, muy malo	7	Muy, muy alto

Fatiga		Dolor muscular local	
1	Muy, muy bajo	1	Muy, muy bajo
2	Muy bajo	2	Muy bajo
3	Bajo	3	Bajo
4	Medio	4	Medio
5	Alto	5	Alto
6	Muy alto	6	Muy alto
7	Muy, muy alto	7	Muy, muy alto

**Tabla C1**

*Resultados Hooper Index*

N	PEL	PEM	PEC	DE	N	PEL	PEM	PEC	DE
S1	10	11	12	1.00	S11	12	11	14	1.53
S2	15	16	15	0.58	S12	10	11	14	2.08
S3	13	8	11	2.52	S13	10	10	8	1.15
S4	13	12	14	1.00	S14	8	8	12	2.31
S5	15	18	14	2.08	S15	14	10	11	2.08
S6	12	9	10	1.53	S16	11	12	13	1.00
S7	13	10	9	2.08	S17	13	16	14	1.53
S8	16	13	16	1.73	S18	14	15	16	1.00
S9	18	18	19	0.58	S19	12	13	15	1.53
S10	14	10	13	2.08	S20	18	13	17	2.65

**Anexo D: Mejores marcas de los atletas****Tabla D1***Mejores marcas de las atletas previas a la intervención*

<b>H</b>	<b>Prueba central</b>	<b>5.000/5km</b>	<b>10.000/10km</b>	<b>Media maratón / Maratón</b>	<b>M</b>	<b>Prueba central</b>	<b>5.000/5km</b>	<b>10.000/10km</b>	<b>Media maratón / Maratón</b>
<b>S1</b>	10 / 21km	15:03	31:51	1:08:13 / 2:28:27	<b>S5</b>	1500m	18:39	37:39	1:30:29
<b>S2</b>	10.000m	16:10	33:40	1:12:08	<b>S7</b>	21/42km	19:58	40:06	1:39:02
<b>S3</b>	1500/5.000m	14:16	30:40	1:09:31	<b>S9</b>	3000m/obst.	18:43	39:13	1:30:50
<b>S4</b>	3000m	15:13	31:40	1:11:18	<b>S10</b>	10km	19:44	39:28	-
<b>S6</b>	10.000m	16:12	34:40	1:10:30 / 2:29:27	<b>S11</b>	10km	19:40	41:00	-
<b>S8</b>	5.000m	14:35	30:45	1:06:55 / 2:25:54	<b>S12</b>	10 / 21km	19:38	40:09	1:31:00
<b>S13</b>	10km	16:15	34:12	1:16:30	<b>S15</b>	1500/5.000m	17:32	37:12	1:23:32
<b>S14</b>	3000m/obst.	15:10	32:58	1:12:26	<b>S16</b>	5km	19:12	40:16	1:28:09 / 3:33:21
<b>S17</b>	Maratón	15:50	32:50	1:12:30 / 2:36:50	<b>S19</b>	10km	19:02	39:25	1:23:44 / 3:35:00
<b>S18</b>	21km	16:45	34:42	1:16:18 / 2:44:50	<b>S20</b>	10km	18:30	39:18	1:27:21

**Nota.** H (Hombres). M (Mujeres)

**Anexo E: Escala de Borg****Figura E1***Referencias Escala de Borg Modificada*

<b>0</b>	<b>Reposo total</b>
<b>1</b>	<b>Esfuerzo muy suave</b>
<b>2</b>	<b>Suave</b>
<b>3</b>	<b>Esfuerzo moderado</b>
<b>4</b>	<b>Un poco duro</b>
<b>5</b>	<b>Duro</b>
<b>6</b>	
<b>7</b>	<b>Muy duro</b>
<b>8</b>	
<b>9</b>	
<b>10</b>	<b>Esfuerzo máximo</b>

**Tabla E1**  
Resultados Escala de Borg

N	PEL								PEM								PEC							
	1	2	3	4	5	FP	FR	1	2	3	4	5	FP	FR	1	2	3	4	5	FP	FR			
S1	6	7	8	7	8	5	8	7	8	8	9	10	6	9	4	5	5	6	8	8	7			
S2	5	6	7	8	9	7	9	3	4	6	7	9	6	7	2	4	5	6	7	6	6			
S3	7	7	8	9	9	9	7	5	7	7	7	8	7	7	6	7	7	7	7	7	7			
S4	8	7	8	9	10	9	7	6	6	7	8	9	8	9	4	5	5	5	7	6	6			
S5	5	6	6	6	6	5	7	6	6	8	8	8	6	8	5	5	5	5	7	2	2			
S6	7	7	9	9	7	7	9	6	7	7	8	8	8	7	6	6	7	8	8	7	4			
S7	8	8	8	9	9	9	7	8	8	8	9	9	7	8	7	7	8	8	9	7	8			
S8	7	8	8	9	9	8	9	7	7	8	9	9	9	9	5	6	6	7	8	8	8			
S9	4	6	7	8	8	7	8	3	3	4	4	4	5	4	4	5	6	7	7	6	5			
S10	9	9	10	9	9	8	10	9	9	10	10	10	9	10	7	7	8	8	9	8	8			
S11	9	9	10	8	9	3	9	5	6	8	9	10	8	9	7	8	8	9	9	8	8			
S12	6	6	7	8	9	6	9	5	7	8	9	10	6	9	7	7	8	9	9	7	9			
S13	7	9	8	10	7	6	9	4	7	6	8	10	5	7	5	6	7	8	7	4	6			
S14	6	7	8	8	9	8	4	5	5	5	8	8	8	7	6	6	7	7	8	8	7			
S15	6	7	7	8	10	7	9	5	5	6	6	7	4	5	5	6	7	7	9	5	8			
S16	6	7	8	8	9	8	10	5	6	7	8	10	8	8	2	3	4	5	9	5	5			
S17	5	7	8	9	10	8	9	7	7	8	9	10	9	7	7	7	7	8	9	8	7			
S18	9	9	9	9	9	9	10	8	9	10	10	10	7	10	7	8	8	8	8	7	8			
S19	7	7	6	6	8	5	7	7	8	8	8	10	7	8	7	7	8	7	9	6	8			
S20	8	8	8	9	9	9	8	7	8	8	8	9	8	9	5	6	6	7	7	7	8			

**Nota** FP: Final Piernas. FR: Final Respiratorio

**Anexo F: Mediciones pre y post entrenamiento****Tabla F1**  
*Resultados CMJ*

N	PEL			PEM			PEC		
	PRE	POST	DIF	PRE	POST	DIF	PRE	POST	DIF
S1	33.40	31.60	<b>-1.8</b>	35.57	34.07	<b>-0.87</b>	35.74	32.22	<b>-3.52</b>
S2	33.20	29.90	<b>-3.3</b>	30.59	27.69	<b>-2.9</b>	28.33	30.10	<b>1.77</b>
S3	31.10	29.90	<b>-1.2</b>	31.49	28.85	<b>-2.64</b>	30.60	33.03	<b>2.43</b>
S4	33.70	34.22	<b>0.52</b>	32.08	30.54	<b>-1.54</b>	34.23	32.57	<b>-1.66</b>
S5	25.71	21.30	<b>-4.41</b>	26.20	20.45	<b>-5.75</b>	19.90	17.60	<b>-2.3</b>
S6	28.18	26.32	<b>-1.86</b>	30.00	29.17	<b>-0.83</b>	30.15	27.91	<b>-2.24</b>
S7	28.40	27.15	<b>-1.25</b>	28.81	29.69	<b>0.88</b>	30.61	29.55	<b>-1.06</b>
S9	30.25	29.57	<b>-0.68</b>	31.84	30.51	<b>-1.33</b>	33.69	30.49	<b>-3.2</b>
S10	35.40	36.00	<b>0.6</b>	35.23	35.39	<b>0.16</b>	35.50	35.00	<b>-0.5</b>
S11	28.15	25.10	<b>-3.05</b>	29.00	26.04	<b>-2.96</b>	29.10	25.70	<b>-3.4</b>
S12	31.60	31.30	<b>-0.3</b>	30.90	29.14	<b>-1.76</b>	33.40	28.50	<b>-4.9</b>
S13	25.80	24.50	<b>-1.3</b>	26.65	26.54	<b>-0.11</b>	29.60	28.30	<b>-1.3</b>
S14	33.94	33.77	<b>-0.17</b>	34.15	30.81	<b>-3.34</b>	30.20	31.30	<b>1.1</b>
S15	26.00	25.00	<b>-1</b>	26.44	24.09	<b>-2.35</b>	24.90	24.47	<b>-0.43</b>
S16	24.85	23.68	<b>-1.17</b>	26.58	24.56	<b>-2.02</b>	25.37	24.24	<b>-1.13</b>
S17	30.62	29.68	<b>-0.94</b>	30.86	33.72	<b>2.86</b>	32.07	31.57	<b>-0.5</b>
S18	30.20	30.40	<b>0.2</b>	-	-	-	29.73	31.70	<b>1.97</b>
S19	20.87	18.37	<b>-2.5</b>	21.87	21.39	<b>-0.48</b>	22.16	21.00	<b>-1.16</b>
S20	24.28	21.97	<b>-2.31</b>	19.36	19.23	<b>-0.13</b>	23.18	21.85	<b>-1.33</b>
<b>Media ± DE</b>	<b>-1.36 ± 1.33</b>			<b>-1.40 ± 1.89</b>			<b>-1.12 ± 1.96</b>		

**Tabla F2**  
Resultados rMSSD

N	PEL			PEM			PEC		
	PRE	POST	DIF	PRE	POST	DIF	PRE	POST	DIF
	ff								
S1	44.08	11.27	<b>32.82</b>	65.69	10.15	<b>55.54</b>	53.89	16.27	<b>37.62</b>
S2	28.57	8.00	<b>20.57</b>	22.72	11.35	<b>11.37</b>	46.12	10.68	<b>35.44</b>
S3	62.15	9.55	<b>52.60</b>	64.27	25.84	<b>38.43</b>	54.65	47.24	<b>7.41</b>
S4	30.92	7.27	<b>23.65</b>	32.30	6.15	<b>26.15</b>	64.61	33.24	<b>31.37</b>
S5	29.38	4.40	<b>24.98</b>	30.01	15.53	<b>14.48</b>	73.54	12.01	<b>61.53</b>
S6	32.32	4.40	<b>27.92</b>	23.64	10.13	<b>13.51</b>	19.53	8.05	<b>11.48</b>
S7	105.89	38.44	<b>67.45</b>	52.27	31.46	<b>20.81</b>	95.25	33.62	<b>61.63</b>
S8	7.01	4.36	<b>2.64</b>	9.57	5.45	<b>4.12</b>	19.45	9.57	<b>9.88</b>
S9	18.74	5.75	<b>12.99</b>	21.12	2.33	<b>18.80</b>	32.58	7.79	<b>24.79</b>
S10	44.13	7.80	<b>36.33</b>	35.09	6.27	<b>28.82</b>	32.69	8.39	<b>24.31</b>
S11	49.20	31.49	<b>17.72</b>	47.15	12.28	<b>34.86</b>	66.68	28.19	<b>38.49</b>
S12	44.65	9.81	<b>34.84</b>	27.92	7.22	<b>20.70</b>	36.65	6.51	<b>30.14</b>
S13	10.76	8.34	<b>2.41</b>	17.77	7.98	<b>9.79</b>	14.79	10.09	<b>4.70</b>
S14	27.74	6.00	<b>21.74</b>	43.88	6.99	<b>36.89</b>	34.53	6.56	<b>27.97</b>
S15	12.12	3.15	<b>8.97</b>	33.66	11.74	<b>21.92</b>	20.07	8.97	<b>11.10</b>
S16	28.61	7.55	<b>21.06</b>	25.69	8.39	<b>17.30</b>	30.61	10.12	<b>20.50</b>
S17	31.81	15.45	<b>16.36</b>	24.09	15.14	<b>8.95</b>	49.00	8.41	<b>40.60</b>
S18	63.16	4.88	<b>58.28</b>	27.81	3.82	<b>23.99</b>	83.96	11.01	<b>72.95</b>
S19	29.36	7.24	<b>22.12</b>	34.24	8.21	<b>26.03</b>	47.34	7.87	<b>39.47</b>
S20	120.62	29.85	<b>90.76</b>	131.14	30.45	<b>100.70</b>	96.10	28.26	<b>67.84</b>
	<b>Media ± DE</b>		<b>-29.81 ± 20.27</b>			<b>-26.66 ± 21.20</b>			<b>-32.96 ± 20.35</b>

### Anexo G: Resultados de ANOVA de VO<sub>2</sub>/kg y FC.

**Figura G1**

*Resultados de ANOVA de VO<sub>2</sub>/kg*

Efecto	Sum Sq	num gl	Error SS	den gl	F value	p
(Intercept)	193939	1	1423.130	17	2316.698	<.001
Protocolo	588.000	2	291.240	34	34.345	<.001
Fase	4383.000	1	151.800	17	490.796	<.001
Protocolo: Fase	2706.000	2	106.660	34	431.371	<.001

**Figura G2**

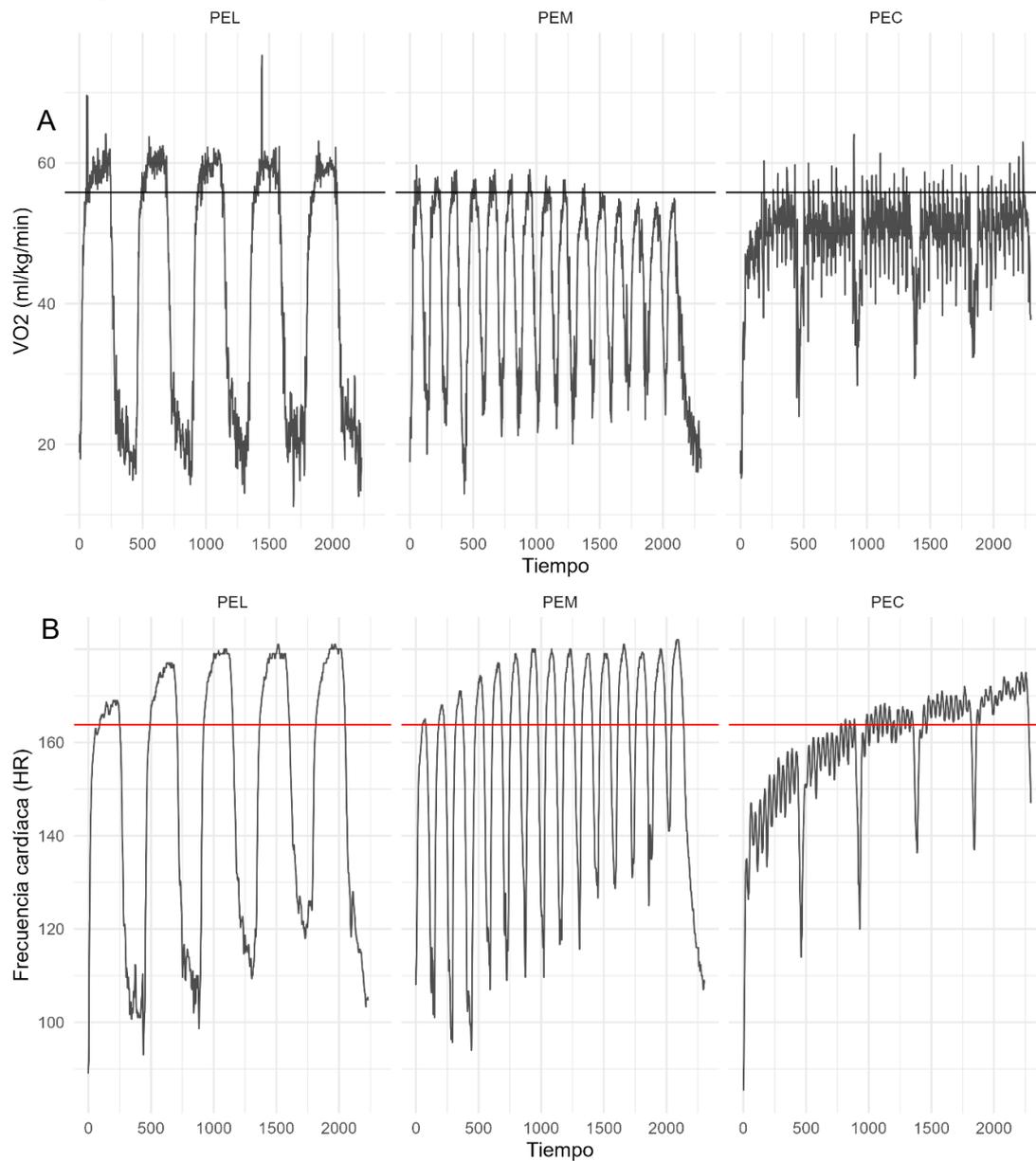
*Resultados de ANOVA de FC*

Efecto	Sum Sq	num Df	Error SS	den Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	2598961	1	6775.0	15	5754.129	< .001
Protocolo	5009	2	962.1	30	78.099	< .001
Fase	5575	1	315.9	15	264.708	< .001
Protocolo: Fase	5013	2	492.3	30	152.757	< .001

**Anexo H: Ejemplos de valores individuales de VO<sub>2</sub>/kg y FC.**

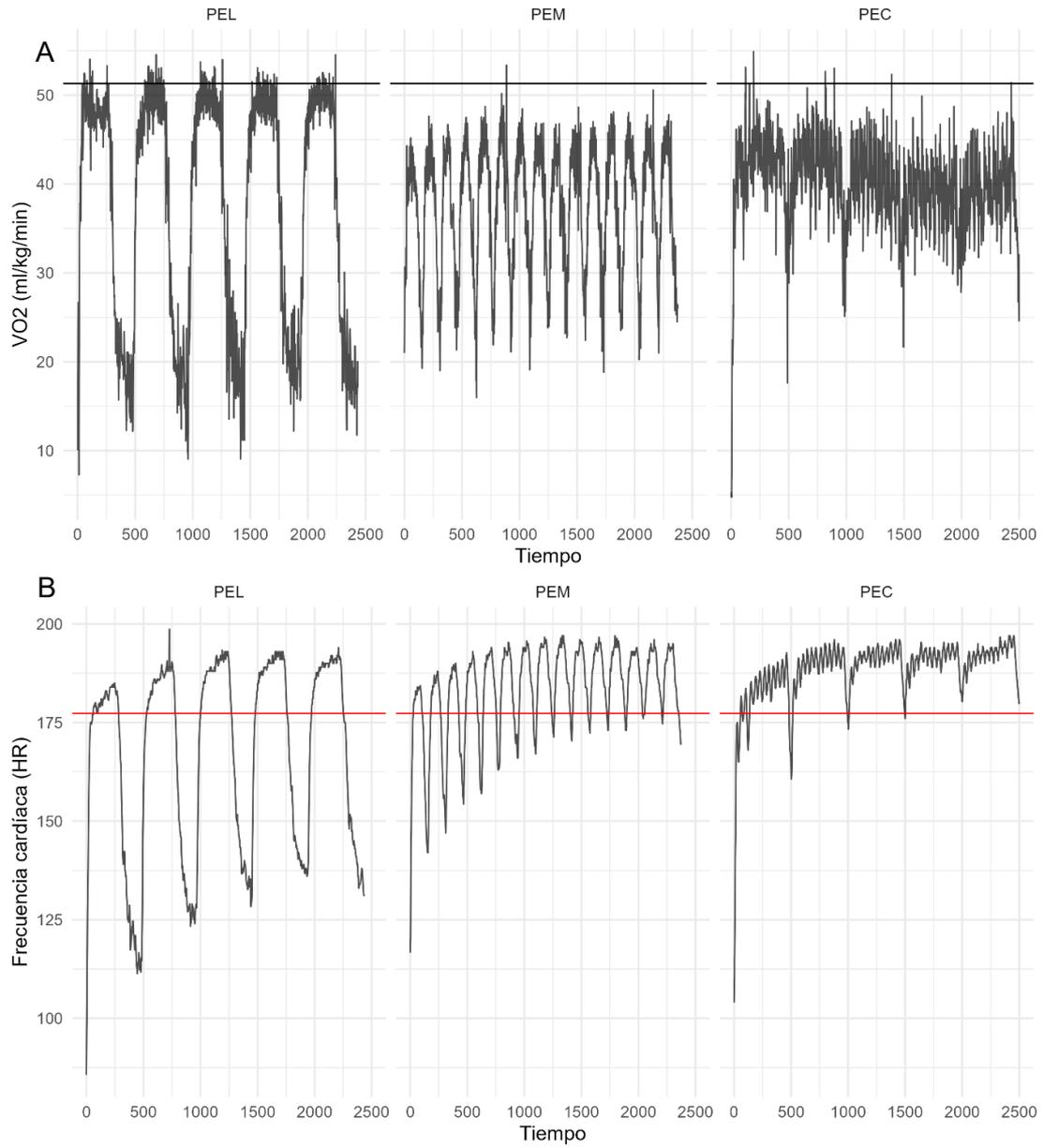
**Figura H1**

A) VO<sub>2</sub>/kg y B) FC - S2 por protocolo. *Atleta Masculino*



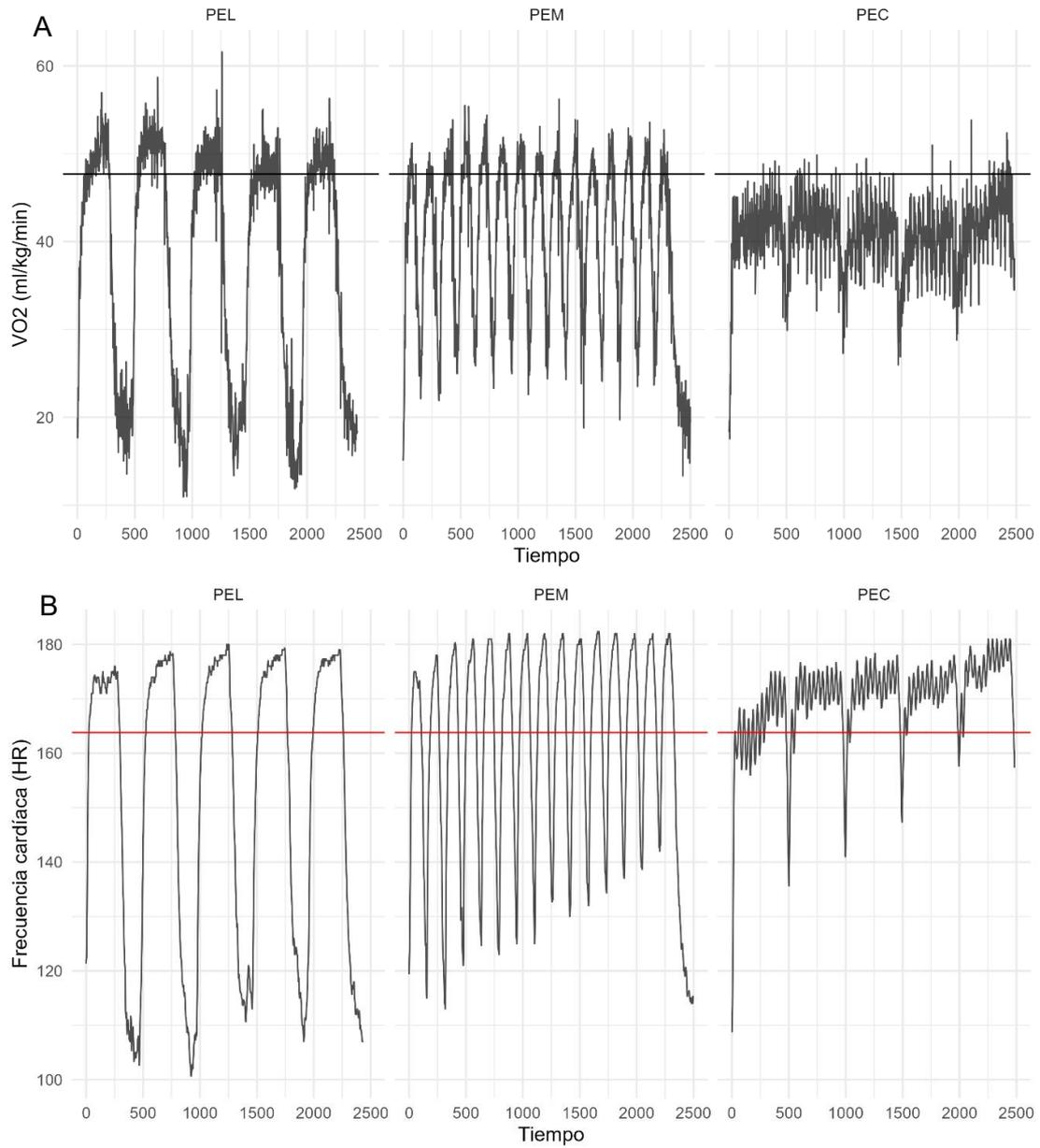
**Figura H2**

A)  $VO_2/kg$  y B) FC – S10 por protocolo. *Atleta Femenina*



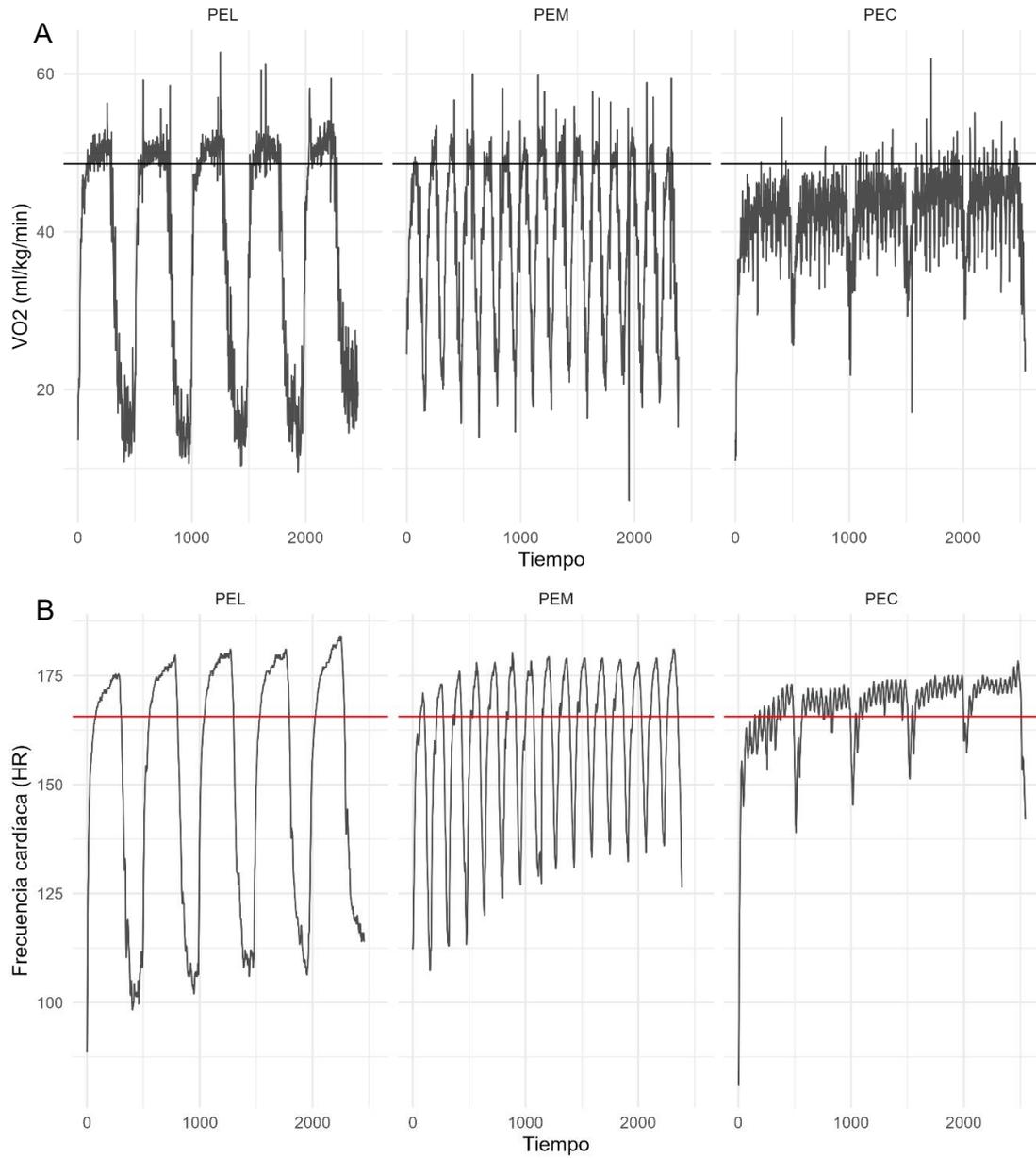
**Figura H3**

A)  $VO_2/kg$  y B) FC – S16 por protocolo. Atleta Femenina



**Figura H4**

A)  $VO_2/kg$  y B) FC – S16 por protocolo. Atleta Femenina



**GASTON GIOSCIA COLOMBO**

**Fecha de nacimiento:** 24/08/1970

**Teléfono:** (598) 99599920

**Mail:** gioscia@gmail.com

**Caja Profesional:** 84403

Profesional con amplia experiencia en temas vinculados con la medicina del deporte, la fisiología del ejercicio, prescripción de ejercicio, calidad de vida y factores de riesgo.

**MÉDICO DEPORTÓLOGO****EXPERIENCIA LABORAL**

- **CLINICA GIOSCIA: DIRECTOR. MÉDICO DEPORTÓLOGO 2016 - PRESENTE**
- **MP MEDICINA PERSONALIZADA: MÉDICO DEPORTÓLOGO 2016 - PRESENTE**
- **ASOCIACIÓN ESPAÑOLA MÉDICO GENERAL, SERVICIO DE EMERGENCIA. 2009-2012**  
Servicio de Traumatología 2009 - 2013 MÉDICO DEPORTÓLOGO Policlínica de Medicina del Deporte 2010-PRESENTE
- **FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA:** Residente de la especialidad de Medicina Deportiva 2009-2012

**FORMACIÓN**

- **ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL DEPORTE:** Facultad de Medicina, Universidad de la República. Uruguay, 2010.
- **DOCTOR EN MEDICINA:** Facultad de Medicina, Universidad de la República. Uruguay, 2004.
- **RESIDENTE DE LA ESPECIALIDAD DE MEDICINA DEPORTIVA:** Facultad de Medicina, Universidad de la República. Uruguay, 2010-2012.
- **PROFESOR DE EDUCACIÓN FÍSICA:** Instituto Superior de Educación Física I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 1993.
- **DIPLOMA DE ESPECIALIZACIÓN EN PREPARACIÓN FÍSICA** Instituto Superior de Educación Física I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 2007.

**DOCENCIA**

- **DOCENTE DE LA ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE.** Facultad de Ciencias Médicas. Universidad de Santiago de Chile. 2018- 2023
- **COORDINADOR DEL ÁREA BIOLÓGICA** Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (IUACJ). Montevideo-Uruguay, 2013-2016
- **DOCENTE TITULAR DE LA ASIGNATURA PRESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO PARA POBLACIONES ESPECIALES:** Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (IUACJ). Montevideo-Uruguay, 2007-2014.
- **DOCENTE G2 CATEDRA DE FISIOLÓGIA DEL EJERCICIO I Y II** Instituto Superior de Educación Física I.S.E.F., Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2004-2009 y 2013.

- **DOCENTE TITULAR DE LA ASIGNATURA ESTRUCTURA Y FUNCIONES BIOLÓGICAS** Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes (IUACJ). Montevideo-Uruguay, 2004-2010.
- **DOCENTE DE LAS ASIGNATURAS ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DEPORTIVA EN EL POSTGRADO DE MEDICINA DEPORTIVA** Facultad de Medicina, Universidad de la República. Uruguay, 2007-2010.
- **DOCENTE DE LAS ASIGNATURAS ENTRENAMIENTO Y EVALUACIÓN DEPORTIVA EN EL POSTGRADO DE MEDICINA DEPORTIVA** Facultad de Medicina, Universidad de la República. Uruguay, 2007-2010.
- **DOCENTE DE LA ASIGNATURA SALUD Y FISIOLÓGÍA DEL DEPORTIVA Y PRINCIPIOS Y TÉCNICAS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO** Técnico en Periodismo Deportivo, Universidad ORT. Montevideo-Uruguay 2006-2009.
- **COORDINADOR NACIONAL ACADÉMICO DEL ÁREA BIOLÓGICA** Instituto Superior de Educación Física I.S.E.F., Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2005-2008.

#### INVESTIGACION

- **Valoración de la condición física en estudiantes de Secundaria de Montevideo y Área Metropolitana**, Uruguay 2017.
- **Valoración de la condición física en los liceales** de Prácticum II, Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes, 2014.
- **Evaluación de indicadores morfológicos, condición física y hábitos de vida saludable en la población infanto-juvenil en zonas socioeconómica muy desfavorable.** Financiación: Agencia Española de Cooperación Internacional, Uruguay, 2008.

#### CONFERENCIAS

- Expositor en el Congreso Internacional de Medicina y Cardiología del Deporte. Tema Dolor inguinal en el deportista. 18 y 19 de noviembre 2021. Montevideo, Uruguay.
- Expositor en el Congreso Internacional de Medicina y Cardiología del Deporte. Tema Dolor inguinal en el deportista. 18 y 19 de noviembre 2021. Montevideo, Uruguay.
- Expositor en la Jornada de Deporte y Nutrición. Tema Historia de la periodización del entrenamiento. 27 de junio del 2019. Montevideo, Uruguay.
- Expositor en la Jornada de Deporte y Nutrición. Tema Historia de la periodización del entrenamiento. 27 de junio del 2019. Montevideo, Uruguay.
- Expositor en el Congreso Mundial de Medicina del Deporte FIMS Tema Assessment Of The Physical Fitness In High School Students Of Montevideo And Metropolitan Area, Uruguay. 12 al 15 de setiembre del 2018. Rio de Janeiro, Brazil.
- Expositor en el Congreso Mundial de Medicina del Deporte FIMS Tema Assessment Of The Physical Fitness In High School Students Of Montevideo And Metropolitan Area, Uruguay. 12 al 15 de setiembre del 2018. Rio de Janeiro, Brasil.
- Expositor en las Jornadas de Actualización en Medicina del Deporte y Ciencias de la Actividad Física. Secretaría Nacional del Deporte. Tema: "Sistemas Metabólicos y Ejercicio". Montevideo- Uruguay, 2016.
- Expositor en el X Congreso Uruguayo de Medicina del Deporte y La Actividad Física. Tema: "Valoración de la condición física en los liceales", Prácticum 2 del IUACJ. Montevideo-Uruguay, 2015.
- Expositor en el XXX Congreso Uruguayo de Pediatría. Tema: "Valoración de la condición física en los liceales" de Prácticum 2 del IUACJ. Montevideo-Uruguay, 2015.

- Expositor en el Curso de Entrenadores. Instituto Superior de Educación Física .Tema: "Lesiones Deportivas". ISEF UDELAR. Montevideo-Uruguay, 2014.
- Expositor en el I Congreso Uruguayo del Fútbol Infantil y Juvenil. Eje temático de Medicina del Deporte Aplicada. Tema: "Entrenamiento de fuerza en niños y jóvenes". Las Piedras-Uruguay, 2013.
- Expositor en las Jornadas de Actualización en Endocrinología. Tema: "Ejercicio físico y Diabetes Mellitus". Facultad de Medicina, Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2011.
- Expositor en la Jornada de Ejercicio y Endocrinología. Tema: "Control del ejercicio físico y Diabetes Mellitus", Facultad de Medicina, Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2010.
- Expositor en el I y II Curso de Actualización en Entrenamiento Deportivo y Actividad Física. Montevideo-Uruguay, 2010.
- Expositor en el Curso Interdisciplinario de Ciencias Médicas Aplicadas al Deporte. tema: "Fisiología molecular del ejercicio". Facultad de Medicina, Universidad de la República. Montevideo-Uruguay, 2009.
- Expositor en el VIII Congreso Uruguayo de Medicina y Ciencias del Ejercicio. Tema: "Evaluación de la Condición Física en adolescentes de Bajos Recursos". Montevideo-Uruguay, 2008.
- Expositor en el Simposio Internacional de Preparación Física y Entrenamiento Deportivo, Tema: "Sobreentrenamiento: Indicadores Hormonales de Fatiga". Rosario-Argentina, 2008.
- Expositor en el Simposio Internacional de Ciencias del Deporte y el Ejercicio. Tema: "Consideraciones del Entrenamiento aeróbico-actualización sobre adaptaciones cardiovasculares". Montevideo-Uruguay, 2008.
- Expositor en el I Curso sobre Diabetes y Cardiopatía Isquémica, Club Malvín, Montevideo. Montevideo-Uruguay, 2008.
- Expositor en el Encuentro de Investigadores 2007. Tema: "Cuantificación de las demandas fisiológicas en los niños durante las clases de Educación Física", Instituto Superior de Educación Física, I.S.E.F, Maldonado-Uruguay, 2007.
- Expositor en la Conferencia: Crecimiento, Actividad Física y Entrenamiento Durante la Niñez y Adolescencia. Instituto Superior de Educación Física, I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 2006.
- Expositor en el Ateneo Ejercicio Físico y Leucemia Linfoblástica Aguda, en conjunto con la Lic. Carolina Chamorro, Instituto Superior de Educación Física, I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 2006.
- Expositor en el curso Introducción a la Psicología aplicada al Deporte, la Actividad Física y la recreación. Tema: "Límites Fisiológicos del Entrenamiento Infantil". Facultad de Psicología, UDELAR. Montevideo-Uruguay, 2006.
- Expositor en el seminario taller Guardavidas 2005. Tema: "Primeros Auxilios y Rehabilitación Cardiopulmonar", Instituto Superior de Educación Física, I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 2005.
- Expositor en el XIX Congreso Uruguayo de Cardiología en el Simposio sobre Prevención y Rehabilitación, I.M.M. Montevideo-Uruguay, 2003.

**ACTUALIZACIÓN**

- XXXI Isokinetic Medical Grupo Conference, Football Medicine, Bridging Science and Practice 25,26,27 mayo 2024, Madrid, España
- XXX Isokinetic Medical Grupo Conference, Football Medicine, The Pursuit of Evecellence, 27,28,29 mayo 2023, Londres, Inglaterra.
- XXIX Isokinetic Medical Grupo Conference, Football Medicine, Football Medicine. The Players'Voices. 4,5,6 Junio 2022 Lion, Francia.
- XXVIII Isokinetic Medical Grupo Conference, Football Medicine. Meets the Universe of Sport. 27, 28,29 abril 2019. Wembley Stadium. Londres, UK
- XXVII Isokinetic Medical Grupo Conference, Football Medicine,. Are We Winning? 2, 3,4 Junio 2018. Barcelona España.
- XXVI Conferencia Internacional de Rehabilitación y Traumatología Deportiva, Asociación de Médicos FIFA-UEFA comisiones médicas, F-MARC, FA Premier League. Barcelona-España, 2017.
- Congreso de la Federación Internacional de Natación, World Sports Medicine Congress, Windsor- Canadá, 2016.
- XXV Conferencia Internacional de Rehabilitación y Traumatología Deportiva, Asociación de Médicos FIFA-UEFA comisiones médicas, F-MARC, FA Premier League. Londres-Inglaterra, 2016.
- Especialización y alto rendimiento- Curso de Fuerza. IUACJ. Montevideo -Uruguay, 2016.
- X Congreso Uruguayo de Medicina del Deporte y La Actividad Física. Montevideo-Uruguay, 2015.
- Curso de Medicina del Deporte, Solidaridad Olímpica, COI. Montevideo- Uruguay, 2015.
- XXIII Conferencia Internacional de Rehabilitación y Traumatología Deportiva, Asociación de Médicos FIFA-UEFA comisiones médicas, F-MARC, FA Premier League. Milán-Italia, 2014.
- XXII Conferencia Internacional de Rehabilitación y Traumatología Deportiva, Asociación de Médicos FIFA-UEFA comisiones médicas, F-MARC, FA Premier League. Londres-Inglaterra, 2013.
- Congreso internacional de fútbol y medicina del deporte. Buenos Aires- Argentina, 2011.
- Curso de Ejercicio Físico Adaptado, dictado por el Prof. Mario Di Sant, 2011.
- Curso de Gimnasia Especial Correctiva, Universidad de Córdoba. Córdoba-Argentina, 2010.
- Curso de Prevención y Rehabilitación de Lesiones, Universidad de Córdoba, Córdoba-Argentina. 2010.
- Curso de Entrenamiento de La Resistencia en El Deporte y el Ejercicio, Universidad de Córdoba. Córdoba-Argentina, 2010.
- Curso Continental de Medicina Deportiva, Comité Olímpico Internacional. Montevideo-Uruguay, 2008.
- Simposio Internacional de Ciencias del Deporte y el Ejercicio. Facultad de Educación Física de la A.C.J. Montevideo-Uruguay, 2008.
- Praxiología Motriz y Educación Física. Dictado por el Dr. Prof. Pierre Parlebas. Montevideo-Uruguay, 2007.
- Antropometrista nivel 1 de ISAK. Rosario-Argentina, 2007.

- Curso de Perfeccionamiento en Actividad Física adaptada, dictado por el Lic. Mario Di Santo. I.S.E.F. Montevideo-Uruguay, 2007.
- Simposio Internacional de Preparación Física, Entrenamiento Deportivo y Fisiología del Ejercicio, en Deportes Individuales y de Conjunto. Rosario-Argentina, 2006.
- Simposio Internacional de Nutrición e Hidratación para la salud y el Deporte. Rosario-Argentina, 2006.
- Seminario Formador de Formadores celebrado en el Centro de formación de la Cooperación Española. Antigua-Guatemala, 2005.
- Curso de actualización en Ciencias del Deporte y del Ejercicio dictado por el Prof. Dr. Anthony C. Hackney. Montevideo-Uruguay, 2005.
- II Jornada de Rehabilitación Cardiovascular. Montevideo-Uruguay, 2004.



GUSTAVO ADOLFO  
GRINSPAN SEGAL

Doctor en Ciencias Biológicas  
- Biofísica



[ggrinspan@fcien.edu.uy](mailto:ggrinspan@fcien.edu.uy)  
Iguá 4225, Esq. Mataojo  
C.P. 11400, Montevideo  
25258618 ext. 7139

**SNI**

Ciencias Naturales y Exactas  
/ Ciencias Biológicas  
Categorización actual: Iniciación (Activo)

Fecha de publicación: 30/07/2025  
Última actualización: 30/07/2025

## Datos Generales

### INSTITUCIÓN PRINCIPAL

Universidad de la República/ Facultad de Ciencias / Sección Biofísica y Biología de Sistemas,  
Instituto de Biología / Uruguay

### DIRECCIÓN INSTITUCIONAL

Institución: Universidad de la República / Facultad de Ciencias / Sector Educación Superior/Público  
/ Sección Biofísica y Biología de Sistemas, Instituto de Biología  
Dirección: Iguá 4225 / 11400  
País: Uruguay / Montevideo / Montevideo  
Teléfono: (598) 25258618 / 7139  
Correo electrónico/Sitio Web: [ggrinspan@fcien.edu.uy](mailto:ggrinspan@fcien.edu.uy)

## Formación

### Formación académica

#### CONCLUIDA

#### DOCTORADO

##### Doctorado en Ciencias Biológicas (UDELAR-PEDECIBA) (2020 - 2024)

Universidad de la República - Facultad de Ciencias , Uruguay  
Título de la disertación/tesis/defensa: New developments in elastography applied to muscle biomechanics  
Tutor/es: Nicolás Benech / Liliam Fernandes de Oliveira/Andrés Pomi  
Obtención del título: 2024  
Financiación:  
Universidad de la República / Comisión Académica de Posgrado , Uruguay  
Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas / Área Biología (PEDECIBA) , Uruguay  
Palabras Clave: Skeletal muscle Muscle synergism Shear wave elastography Surface wave elastography Individual muscle forces Muscle modeling  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### MAESTRÍA

##### Maestría en Ciencias Biológicas - subárea Biofísica (UDELAR-PEDECIBA) (2015 - 2019)

Universidad de la República - Facultad de Ciencias , Uruguay  
Título de la disertación/tesis/defensa: Propiedades biomecánicas del músculo esquelético evaluadas mediante elastografía por ondas de superficie  
Tutor/es: Ernesto Blanco / Nicolás Benech / Washington Jones  
Obtención del título: 2019  
Financiación:  
Universidad de la República / Comisión Académica de Posgrado , Uruguay  
Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Dinamometría isocinética Electromiografía superficial Elasticidad muscular Torque articular Actividad mioeléctrica  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### GRADO

**Licenciatura en Ciencias Biológicas (2004 - 2014)**

Universidad de la República - Facultad de Ciencias , Uruguay

Título de la disertación/tesis/defensa: Elastografía por ondas de superficie: pautas para el desarrollo e implementación de un método acústico de bajo costo para la valoración no invasiva de la elasticidad muscular.

Tutor/es: Nicolás Benech

Obtención del título: 2014

Financiación:

Agencia Nacional de Investigación e Innovación / Agencia Nacional de Investigación e Innovación , Uruguay

Palabras Clave: Músculo esquelético Ondas de superficie Elasticidad desarrollo de métodos elastográficos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía de baja frecuencia

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Formación complementaria****CONCLUIDA****CURSOS DE CORTA DURACIÓN****Medidas De Força, Ângulo E Potência Durante A Reabilitação Dos Membros Inferiores Utilizando O Dispositivo Portátil Dinabang. (04/2023 - 04/2023)**

Sector Extranjero/Internacional/Otros / Sociedad Brasileira de Biomecânica , Brasil

8 horas

Palabras Clave: Dinabang Rehabilitación Biomecánica

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Experimentos de ciencias naturales con Arduino y otras tecnologías abiertas de bajo costo: Innovando en forma colaborativa (08/2018 - 11/2018)**

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Comisión Sectorial de Enseñanza / Facultad de Ciencias , Uruguay

40 horas

Palabras Clave: Arduino Ciencias Naturales Programa de Desarrollo Pedagógico Docente

Áreas de conocimiento:

Ingeniería y Tecnología / Otras Ingenierías y Tecnologías / Otras Ingenierías y Tecnologías /

Aplicaciones con Arduino y Smartphones

**Introducción al Análisis Funcional a Través de la Simulación Computacional. Modelado Digital y Análisis de Elementos Finitos Aplicado a Biociencias (01/2015 - 01/2015)**

Sector Extranjero/Internacional/Otros / Comisión Nacional de Investigación Científicas y Técnicas , Argentina

60 horas

Palabras Clave: Biomecánica Elementos finitos Análisis funcional Modelado digital

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ingeniería y Tecnología / Ingeniería de los Materiales / Ingeniería de los Materiales / Método de análisis por elementos finitos

**Biomecánica de la Marcha y Tecnologías Aplicadas al Estudio del Movimiento (01/2011 - 01/2011)**

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Facultad de Medicina , Uruguay

16 horas

Palabras Clave: Biomecánica Ciclo de marcha normal y patológica Análisis de videos Rehabilitación física

física

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Biomecánica de la

marcha normal y patológica

**Biomaterial-tissue interaction: An approach for engineers (01/2010 - 01/2010)**

Sector Extranjero/Internacional/Enseñanza superior / Universidade Federal do Rio Grande do Sul ,

Brasil

Palabras Clave: biomateriales, sccaffold, regeneración

Areas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / Regeneración de tejidos

#### **PARTICIPACIÓN EN EVENTOS**

##### **Pasantía (2019)**

Tipo: Otro

Institución organizadora: Laboratório de Análise de Movimento e Fisiologia do Exercício, Programa de Engenharia Biomedica, Universidad Federal de Rio de Janeiro (LAMFE/PEB/COPPE/UFRJ), Brasil

Palabras Clave: Biomecánica muscular Elastografía por ondas de superficie Electromiografía de alta densidad

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

##### **Pasantía (2016)**

Tipo: Otro

Institución organizadora: Laboratório de Análise de Movimento e Fisiologia do Exercício, Programa de Engenharia Biomedica, Universidad Federal de Rio de Janeiro (LAMFE/PEB/COPPE/UFRJ), Brasil

Palabras Clave: Biomecánica Elastografía Músculo esquelético

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

##### **XIII Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Técnica de América Latina y el Caribe (2013)**

Tipo: Congreso

Institución organizadora: RedPOP, México

Palabras Clave: Ciencia y Tecnología Popularización

Areas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Otras Ciencias Sociales / Ciencias Sociales Interdisciplinarias / Ciencia, Tecnología y Sociedad

##### **Tareas formativas de apoyo a la investigación (2009-2012) (2009)**

Tipo: Otro

Institución organizadora: Laboratorio de Acústica Ultrasonora, Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Uruguay

Palabras Clave: Elastografía transitoria Músculo esquelético Elastografía por retorno temporal Métodos elastográficos ultrasonoros

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía ultrasonora

##### **Pasantía (2008)**

Tipo: Otro

Institución organizadora: Museo de Historia Natural y Antropología, Uruguay

Palabras Clave: Colección, fósil, acondicionamiento, clasificación

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología /

##### **Tareas formativas de apoyo a la investigación (2008-2010) (2008)**

Tipo: Otro

Institución organizadora: Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Uruguay

Palabras Clave: Fuerza de mordida Borhiénidos Ursidos Paleobiología de vertebrados fósiles

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente /

Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

## **Idiomas**

**Español**

Entiende muy bien / Habla muy bien / Lee muy bien / Escribe muy bien

**Inglés**

Entiende bien / Habla bien / Lee muy bien / Escribe muy bien

**Portugués**

Entiende bien / Habla regular / Lee muy bien / Escribe regular

## Áreas de actuación

**CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS**

Ciencias Biológicas / Biofísica / Elastografía de tejidos biológicos blandos

**CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS**

Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica muscular

## Actuación profesional

**SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - PROGRAMA DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS BÁSICAS - URUGUAY**

Área Biología (PEDECIBA)

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN****Colaborador (07/2025 - a la fecha)**

Investigador grado 3 40 horas semanales / Dedicación total  
Las actividades que llevo a cabo en el marco de mi actividad como investigador del PEDECIBA se detallan en otras secciones de este CVuy (actividad profesional (líneas de investigación y actividades docentes), formación de RRHH, evaluaciones). Entre las mismas se incluyen el desarrollo de diversas líneas de investigación en biomecánica muscular, la coordinación y participación en el dictado de cursos de posgrado, la orientación de tesis de posgrado y la participación en comisiones de admisión y seguimiento (CAS).

**SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY**

Facultad de Medicina / Unidad Académica de Fisioterapia

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN****Colaborador (02/2024 - a la fecha)**

5 horas semanales

**ACTIVIDADES****LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN****Elastografía aplicada al estudio de la locomoción y la rehabilitación física (02/2024 - a la fecha )**

Esta línea que coordino y desarrollo en colaboración con investigadores de la Unidad Académica de Fisioterapia y otras instituciones académicas, se asocia a mi línea de investigación principal titulada "Estudio de la biomecánica muscular mediante abordajes biofísicos basados en elastografía" (ver en Facultad de Ciencias). En tal sentido, las investigaciones que se pretenden desarrollar en el marco de esta línea de investigación, buscan extender las aplicaciones de la elastografía muscular en el contexto del estudio de la locomoción humana y la rehabilitación. De esta manera, uno de los principales ejes de estudio comprende aplicar y adaptar nuestros desarrollos previos en elastografía por ondas de superficie (EOS), para caracterizar la variación del módulo elástico de corte en músculos de los miembros inferiores durante la marcha normal y patológica. Paralelamente, se busca adaptar modelos biomecánicos basados en elastografía, también

desarrollados en el marco de trabajos previos, para calcular fuerzas musculares individuales e indicadores de calidad muscular que sean útiles en contextos clínicos de interés. Entre los mimos se destaca la rehabilitación post-quirúrgica de lesión por rotura de ligamento cruzado anterior, la cual tiene una gran prevalencia actualmente en deportistas. De esta manera, las investigaciones desarrolladas en el marco de esta línea, apuntan a generar conocimiento básico y aplicado con gran impacto potencial en salud y deporte.

Mixta

5 horas semanales , Coordinador o Responsable

Equipo: GRINSPAN, G.A. , SANTOS D , REY, A. , N. BENECH , SIMINI F , Facundo Costa , Articardi B

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Rehabilitación física

## DOCENCIA

### **Especialidad Fisioterapia en Cuidados Críticos (Centro de Posgrados, Facultad de Medicina, UdelAR) (05/2025 - 05/2025 )**

Especialización

Invitado

Asignaturas:

Clase: Introducción a la Elastografía Muscular, 3 horas, Teórico

## SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY

Instituto Superior de Educación Física / Laboratorio de Fisiología del Ejercicio (Grupo de Deporte y Rendimiento)

## VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN

### **Colaborador (08/2023 - a la fecha)**

5 horas semanales

## ACTIVIDADES

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

### **Valoración de la calidad muscular integrando diferentes sistemas de medida (08/2023 - a la fecha )**

La calidad muscular se refiere a la capacidad de los músculos para generar fuerza de manera eficaz y eficiente, lo que tiene un impacto significativo en la salud y funcionalidad general de la persona, así como en su rendimiento físico. En tal sentido, esta línea que coordino y desarrollo en colaboración con investigadores del ISEF, se asocia a mi línea de investigación principal titulada "Estudio de la biomecánica muscular mediante abordajes biofísicos basados en elastografía" (ver en Facultad de Ciencias). Particularmente, se apunta a utilizar los distintos desarrollos técnicos, conceptuales y metodológicos basados en elastografía que se desarrollan en el marco de dicha línea, para identificar indicadores de la capacidad contráctil del músculo que sean representativos de la calidad muscular. Se busca explorar estos aspectos en diversos grupos poblacionales mediante el uso de la elastografía, combinada con otros métodos complementarios (tensiomiografía, ecografía, electromiografía, dinamometría electromecánica funcional y oximetría muscular), con el objetivo de generar conocimientos básicos y aplicados que resulten útiles en ámbitos como el deporte, el ejercicio, la rehabilitación y la evaluación del rendimiento físico.

Mixta

5 horas semanales , Coordinador o Responsable

Equipo: Magallanes C , GONZÁLEZ-RAMÍREZ, A. , Escajal, Bruno. , FÁBRICA, CG , GRINSPAN, G.A.

, Andrés Parodi , Cristian da Silva , Facundo Costa

Palabras clave: Músculo esquelético Calidad muscular Salud Deporte Ejercicio Rendimiento físico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Fisiología muscular

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica muscular

## DOCENCIA

### **Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA-Biología) (03/2025 - 05/2025 )**

Maestría  
Organizador/Coordinador  
Asignaturas:  
Valoración de la calidad muscular a través de diferentes herramientas de medición, 45 horas,  
Teórico-Práctico  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Evaluación muscular  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA-Biología) (07/2024 - 07/2024)**

Maestría  
Invitado  
Asignaturas:  
Fisiología cardiovascular, respiratoria, muscular y metabólica humana en reposo y en respuesta al ejercicio: bases teórico-prácticas y técnicas para su evaluación no-invasiva, 57 horas, Teórico-Práctico  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte /

**Maestría en Educación Física (ProMEF) (08/2023 - 05/2024)**

Maestría  
Invitado  
Asignaturas:  
Perspectivas y avances en el estudio del rendimiento en deportes de equipo, 30 horas, Teórico  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte /

**SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY**

Facultad de Ciencias

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN**

**Funcionario/Empleado (10/2017 - a la fecha)** Trabajo relevante

Asistente de la Sección Biofísica y Biología de Sistemas 30 horas semanales / Dedicación total  
Cargo ganado mediante concurso abierto de méritos y pruebas. Dedicación total desde 10/2021.  
Escala: Docente  
Grado: Grado 2  
Cargo: Efectivo

**Colaborador (03/2009 - a la fecha)** Trabajo relevante

Integrante de equipo de investigación, Laboratorio de Acústica Ultrasonora (Instituto de Física). 10 horas semanales  
Colaboración en el marco de un área de investigación interdisciplinaria en temas de elastografía de tejidos biológicos blandos. Se busca aplicar y desarrollar métodos elastográficos de alta y baja frecuencia, para caracterizar objetivamente la elasticidad de los tejidos biológicos blandos de un modo no invasivo-destructivo. Interesa particularmente el tejido muscular esquelético, buscando aplicaciones en diversos campos como la medicina, el deporte y la industria cárnica. Responsable: Dr. Nicolás Benech (Laboratorio de Acústica Ultrasonora).

**Funcionario/Empleado (05/2014 - 09/2017)**

Ayudante de la Sección Biofísica 20 horas semanales  
Ayudante de la Sección Biofísica, Instituto de Biología. Cargo ganado mediante llamado de oposición y méritos, para la colaboración docente en cursos masivos de grado.  
Escala: Docente  
Grado: Grado 1  
Cargo: Interino

**Colaborador (04/2008 - 02/2015)**

Integrante de equipo de investigación, Biomecánica (Instituto de Física) 10 horas semanales  
Colaboración en trabajos de investigación sobre temas de paleobiomecánica en el Instituto de Física (responsable Dr. Ernesto Blanco).

**Funcionario/Empleado (09/2010 - 05/2012)**

Ayudante CSIC de I+D 30 horas semanales

Características del cargo: Delgado institucional de la CSIC en la Facultad de Ciencias. Nexa entre el cuerpo de investigadores de dicha Facultad y las diferentes Unidades de la CSIC. Encargado de la difusión y gestión administrativa interna de los distintos Programas de apoyo a la investigación que la misma promueve.

Escalafón: Docente

Grado: Grado 1

Cargo: Interino

**Becario (08/2009 - 09/2010)**

Becario del Programa de Visitas 20 horas semanales

Breve descripción del cargo y de las tareas desarrolladas: El Programa de visitas es un programa institucional de la Facultad de Ciencias destinado a estudiantes de primaria y secundaria de todo el país. Tiene como principales objetivos la difusión de las distintas actividades de investigación, docencia y extensión que se llevan a cabo en la Facultad, estimular el interés por la ciencia en escolares y liceales, generar vínculos institucionales con otros centros de enseñanza para la realización de actividades conjuntas, y colaborar con la integración barrial. El becario del Programa de visitas es el responsable de dicho programa, y se encarga de la coordinación, planificación y ejecución de las distintas actividades del mismo, así como de su posterior evaluación y mejoramiento

Escalafón: No Docente

Cargo: Interino

**ACTIVIDADES****LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN****Elastografía de tejidos biológicos blandos mediante métodos de alta y baja frecuencia. (03/2009 - a la fecha)**

Esta línea de investigación comprende la realización de diversos estudios en el campo de la elastografía de sólidos blandos. La misma se desarrolla en colaboración con investigadores del Laboratorio de Acústica Ultrasonora de la Facultad de Ciencias (UdeaR). Se busca aplicar y desarrollar la elastografía por ondas de superficie (EOS), para caracterizar la elasticidad (módulo elástico de corte) de los tejidos biológicos blandos de una manera no invasiva-destructiva. Teniendo en cuenta las características ventajosas de la EOS, como su bajo costo, portabilidad y fácil manejo, el objetivo es aportar soluciones innovadoras en determinadas áreas de aplicación, que actualmente carecen de métodos confiables y objetivos para valorar las propiedades mecánicas de los tejidos biológicos blandos. De esta manera, se abordan problemas básicos y aplicados, fundamentalmente en fantasmas de simulación de tejido biológico blando, músculo esquelético in vivo y carne vacuna, tendiendo a desarrollar las potencialidades de la EOS para su aplicación en el campo médico, deportivo e industrial.

10 horas semanales

Instituto de Física, Laboratorio de Acústica Ultrasonora, Integrante del equipo

Equipo: AGUIAR, S., N. BENECH, BLANCO, R.E., C. NEGREIRA y Carlos Negreira y C.A. Negreira, J. BRUM

Palabras clave: Elastografía ultrasonora Elastografía por ondas de superficie Módulo elástico de corte Sólidos blandos Tejidos biológicos blandos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Estudio de la biomecánica muscular mediante abordajes biofísicos basados en elastografía (03/2020 - a la fecha)**

Esta es mi línea de investigación principal, la cual dirijo coordinando la colaboración entre el Laboratorio de Acústica Ultrasonora (Facultad de Ciencias, UdeLaR), la Sección Biofísica y Biología de Sistemas (Facultad de Ciencias, UdeLaR), y otras instituciones académicas (ver en demás vínculos institucionales). El objetivo principal de esta línea de investigación es ampliar las aplicaciones de la elastografía en el ámbito de la biomecánica y en disciplinas afines. Con este propósito, se busca promover un enfoque interdisciplinario e innovador, tanto en lo metodológico como en lo conceptual. Para ello, se emplean desarrollos propios en elastografía por ondas de superficie (EOS), junto con la elastografía por ondas de corte (gold estándar), así como otros métodos ampliamente utilizados para la evaluación biomecánica del músculo esquelético (ej. electromiografía, dinamometría, etc). De esta manera, esta línea de investigación aborda una amplia

variedad de problemáticas relacionadas con la mecánica de la contracción muscular. Entre las investigaciones desarrolladas se incluyen, por un lado, estudios fundamentales orientados a comprender la relación entre el módulo elástico de corte y otras variables musculares, como la actividad electromiográfica o el torque. Asimismo, se incorporan enfoques biofísicos clásicos que permiten derivar parámetros biomecánicos relevantes a partir de mediciones de elasticidad, con el objetivo de caracterizar la dinámica contráctil del músculo y establecer posibles vínculos entre procesos a micro y macroescala. Estos avances buscan aportar soluciones innovadoras a problemáticas de larga data en biomecánica muscular, como el cálculo de fuerzas musculares individuales, el estudio de sinergias musculares y el desarrollo de indicadores de la capacidad contráctil representativos de la calidad muscular. Paralelamente, se desarrollan investigaciones orientadas a optimizar y ampliar las capacidades de medición de la elastografía (especialmente de la EOS) en contextos y condiciones previamente impracticables. Un ejemplo de ello es la implementación de mediciones de elasticidad muscular en situaciones dinámicas, como la marcha, el curl nórdico o la sentadilla. Este enfoque ofrece una nueva dimensión de análisis, prácticamente inexplorada en los estudios de biomecánica muscular, que se pretende continuar desarrollando con el fin de abordar problemas relevantes en áreas como el deporte, el ejercicio físico y la rehabilitación.

Fundamental

20 horas semanales

Instituto de Física / Instituto de Biología, Laboratorio de Acústica Ultrasonora / Sección Biofísica y Biología de Sistemas, Coordinador o Responsable

Equipo: GRINSPAN, G.A., N. BENECH, Adrián Magallanes, Cristian da Silva, Oliveira, L.F., Brandao, M.C., Magallanes C, GONZÁLEZ-RAMÍREZ, A., AGUIAR, S., J. BRUM, SANTOS D

Palabras clave: Biomecánica Músculo esquelético Elasticidad muscular Elastografía Dinámica contráctil Biofísica de la contracción muscular

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **Paleobiología de vertebrados fósiles sudamericanos mediante la aplicación de modelos biomecánicos (04/2008 - 02/2015)**

En el marco de esta línea hemos realizado estudios paleobiológicos sobre grandes vertebrados de faunas sudamericanas, abocados a determinar los hábitos de vida y comportamiento de tales especies. Para ello, se utilizaron modelos biomecánicos derivados de la mecánica newtoniana y la ingeniería.

10 horas semanales

Instituto de Física, Integrante del equipo

Equipo: JONES, W.W., RINDERKNECHT, A., BLANCO, R.E.

Palabras clave: Fuerza de mordida Paleobiología Comportamiento alimentario Resistencia de materiales y estructuras Estimación de masa

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente /

Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

#### **Estudio teórico de análisis deportivo (01/2014 - 02/2015)**

Corresponde a la continuación de la línea de trabajo desarrollada entre 2011-2013 en el seno del Espacio Interdisciplinario (EI-UdelaR), en colaboración con el Instituto Superior de Educación Física (ISEF-UdelaR). En adición a la vinculación de estas investigaciones con la realización de actividades de docencia y formación de RRHH, a partir del 2014 se relacionaron también con actividades de extensión universitaria y divulgación científica. En tal sentido, cabe mencionar que parte de los resultados de investigación obtenidos a partir de esta línea, fueron utilizados para la generación de contenidos de divulgación científica gracias al vínculo establecido con el equipo de comunicadores del programa Deportivo Uruguay (Radio Uruguay SODRE).

Mixta

10 horas semanales

Instituto de Física, Integrante del equipo

Equipo: JONES, W.W., BLANCO, R.E.

Palabras clave: Biomecánica Estadística Análisis deportivo

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO****Laboratorio de Acústica Ultrasonora (02/2023 - a la fecha)**

Proyecto de Grupos de I+D, CSIC-UdelaR (ID: 497725).

10 horas semanales

Facultad de Ciencias, Instituto de Física

Investigación

Integrante del Equipo

En Marcha

RRHH formados en el proyecto:

Maestría/Magister:1

Doctorado:1

Financiación:

Comisión Sectorial de Investigación Científica, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: C. NEGREIRA y Carlos Negreira y C.A. Negreira, J. BRUM, CORTELA, G., Y. Abraham, G. Garay, Maximiliano Anzibar Fialho, Vázquez Alberdi, L., Martínez, Mariana, Felipe Rinderknecht, NICOLÁS RUBIDO, GRINSPAN, G.A., N. BENECH, Vera E de Mora., A. CAMARGO

Palabras clave: Ondas elásticas y Ultrasonónicas Elastografía Músculo esquelético Medicina clínica y preventiva

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**Elastografía para la evaluación clínica de tejidos anisotrópicos y visco-elásticos (06/2020 - 12/2023)**

La aplicabilidad de la elastografía en el músculo esquelético se encuentra limitada por sus hipótesis físicas. Este proyecto plantea extender los límites de aplicabilidad de la elastografía en el músculo esquelético, utilizando un enfoque básico-aplicado mediante la Física y la Medicina. A este respecto, los músculos de interés en este proyecto presentan estructuras complejas (uni-penados o bi-penados), usualmente no contempladas en las mencionadas hipótesis. Por su parte, la viscosidad juega un rol fundamental en la función muscular, que tampoco es tenida en cuenta. De esta manera, estudiando la propagación de ondas en músculos de interés se identificarán parámetros relevantes (rigidez, viscosidad y anisotropía) que indiquen el estado mecánico del músculo. Los conocimientos y dispositivos desarrollados se estandarizarán y evaluarán clínicamente para diagnóstico y prevención de lesiones. Para ello se seguirá una población de deportistas evaluando regularmente su estado muscular mediante análisis clínico y elastografía, asociando la aparición de lesiones con el estado mecánico del músculo. De lograr los objetivos, este proyecto dará un primer paso hacia la incorporación de la elastografía a la rutina asistencial nacional en músculo esquelético buscando una mejor prevención, detección, rehabilitación y alta deportiva.

10 horas semanales

Facultad de Ciencias, Universidad de la República., Laboratorio de Acústica Ultrasonora

Investigación

Integrante del Equipo

Concluido

RRHH formados en el proyecto:

Especialización:2

Maestría/Magister:1

Doctorado:2

Financiación:

Agencia Nacional de Investigación e Innovación, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: J. BRUM (Responsable), agustin arruti (Responsable), N. BENECH, C. NEGREIRA y Carlos Negreira y C.A. Negreira, BUDELLI E., GRINSPAN, G.A., SERVENTE L, Riaño, V., Andrea Tavitián, GARAU M, A. MATTIOZZI, V. DE MORA

Palabras clave: Elastografía por onda de cizalla Lesión deportiva Músculo esquelético Tecnologías de la salud

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Lesiones musculares

**Método y equipo para la medida de elasticidad en sólido blandos (10/2017 - 10/2020)**

Este es un proyecto de "Apoyo al patentamiento de invención y modelos de utilidad". El mismo consiste en la redacción y solicitud a nivel internacional, de una patente de invención para la protección del método y equipo de elastografía por ondas de superficie, desarrollado en el marco de la colaboración con el Laboratorio de Acústica Ultrasonora de la Facultad de Ciencias.

3 horas semanales

Investigación

Integrante del Equipo

En Marcha

Financiación:

Agencia Nacional de Investigación e Innovación, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: N. BENECH, GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S., PIRIZ, R., MÉNDEZ-ACUÑA L (Responsable), TEJERA L. (Responsable), VIDAL, P.

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Elasticidad de sólidos blandos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**Puesta a punto y sistematización de un método elastográfico para uso en la industria cárnica (05/2015 - 10/2016)**

La ternura de la carne constituye un factor relevante en el mercado de exportación. Sin embargo, ningún sistema de tipificación actual es capaz de clasificar los cortes de carne en base a su ternura, asegurando un nivel de confiabilidad mínima en cuanto a la certeza de las estimaciones. Es así que actualmente existe la necesidad de contar con métodos de medida que permitan disminuir la variabilidad a la hora de determinar la ternura de la carne. En este contexto, a través de este proyecto se pretende adaptar un método de elastografía por ondas de superficie para su uso sistematizado en la industria cárnica. El objetivo central es brindar una solución en lo que refiere a la estimación confiable de la ternura de la carne, a partir de su correlación con la medida de elasticidad. De esta manera, el cumplimiento de los objetivos del proyecto significaría agregar valor en cuanto a la calidad asociada al proceso de producción, lo cual podría determinar un mejor posicionamiento de la industria cárnica nacional. En relación a esto último, el presente proyecto plantea la vinculación con el sector productivo, al realizarse de manera conjunta con la empresa Ingeniería, Tecnología y Procesos S.R.L.

10 horas semanales

Instituto de Física, Laboratorio de Acústica Ultrasonora

Desarrollo

Integrante del Equipo

En Marcha

Financiación:

Comisión Sectorial de Investigación Científica, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: G.A. GRINSPAN, NEGREIRA, C., AGUIAR, S., BENECH, N. (Responsable)

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Carne Ternura

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ingeniería y Tecnología / Otras Ingenierías y Tecnologías / Alimentos y Bebidas / Industria cárnica

**Fútbol y ciencia, un espacio radial (03/2014 - 12/2014)**

Mediante la vinculación establecida con el equipo de comunicadores del programa 'Deportivo Uruguay' (Radio Uruguay 1050 AM - SODRE), este proyecto apunta a divulgar diversos conocimientos y conceptos científicos, valiéndose del fuerte arraigo que el fútbol y el medio radiofónico tienen en la sociedad uruguaya. Para ello, se propone realizar una columna radial de divulgación científica sobre fútbol y ciencia, enmarcada en la programación de dicho programa, la cual sea co-conducida por investigadores y comunicadores. Se busca generar un espacio para la discusión de determinados aspectos del fútbol que suscitan la curiosidad y el debate en las interacciones cotidianas, mediante conceptos particulares de la ciencia que den cuenta de ellos. De esta forma, además de promover la divulgación, alentamos también a desmitificar la tarea científica, al mostrar ésta como una interlocutora válida en temas cotidianos como el fútbol, motivando así la apropiación de conocimientos científicos por parte del público no especializado. Por su parte, este proyecto de divulgación científica se relaciona con la línea de investigación Estudio teórico de análisis deportivo, a través de la cual se desarrollan diversos estudios que generan contenidos originales para la columna radial.

20 horas semanales

Instituto de Física / Radio Uruguay (SODRE)

Extensión

Integrante del Equipo

En Marcha

Financiación:

Agencia Nacional de Investigación e Innovación, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: ALDECOA, J., MARTÍNEZ, E., PUJOL, P. (Responsable), DEFranco, F., JONES, W.W., BLANCO, R.E. (Responsable), G.A. GRINSPAN

Palabras clave: Fútbol Ciencia Divulgación Científica

Áreas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Comunicación y Medios / Comunicación de Medios y Socio-cultural /  
Divulgación científica

**Medida no invasiva de elasticidad de tejido blando: comparación entre métodos de alta y baja frecuencia (09/2012 - 02/2014)**

Este proyecto tiene su origen en proyectos anteriores, a través de los cuales se determinaron algunas limitaciones en cuanto al posible uso de la elastografía ultrasonora en el área de la medicina rehabilitatoria. Estos trabajos, sin embargo, dieron las primeras pautas acerca de la posibilidad de utilizar métodos elastográficos independientes del ultrasonido para superar dichas limitaciones. De esta manera, este proyecto continúa esta línea de trabajo. El objetivo del mismo fue comparar los métodos elastográficos ultrasonoros y de baja frecuencia, a la hora de su utilización para la determinación de la elasticidad de tejidos blandos. Para ello, se utilizó un método de elastografía ultrasonora de referencia (elastografía transitoria 1D), y se implementó un nuevo método de elastografía de baja frecuencia mediante el uso de fuentes externas y un arreglo lineal de sensores piezoeléctricos (elastografía por ondas de superficie). Así, realizamos experiencias de medida en geles de simulación de tejido blando (agar-gelatina) y en músculo esquelético (in vitro e in vivo), con la finalidad de determinar la configuración óptima para el desarrollo del método propuesto, así como para comparar la equivalencia de ambos métodos a la hora de estimar el parámetro físico de interés (módulo de Young). Los resultados obtenidos han permitido constatar dicha equivalencia, así como identificar ciertos efectos físicos que es necesario evitar para lograr esto último. De esta manera, hemos podido implementar un nuevo método de elastografía por ondas de superficie, cuyas características permiten potencialmente extender su uso a otras áreas de importancia para el país (ej. industria cárnica).

20 horas semanales

Instituto de Física , Laboratorio de Acústica Ultrasonora

Investigación

Coordinador o Responsable

En Marcha

Financiación:

Comisión Sectorial de Investigación Científica, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: BENECH, N. (Responsable) , AGUIAR, S. (Responsable) , G.A. GRINSPAN (Responsable)

Palabras clave: Módulo de Young Elastografía transitoria Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Caracterización elástica del músculo esquelético de pacientes en rehabilitación: pautas para el desarrollo de un sistema de monitoreo basado en técnicas de elastografía ultrasonora (11/2011 - 11/2012)**

Dentro del campo de la medicina rehabilitatoria, un gran número de alteraciones poseen como elemento clínico común un aumento o disminución de la elasticidad muscular. Sin embargo, las técnicas de rutina utilizadas para valorar este parámetro (palpación manual y/o valoración del rango articular (ROM)), son cualitativas y a menudo exhiben una falta de correlación importante a nivel inter/intraexaminador. En este marco, a través de este proyecto se pretendió analizar la viabilidad del empleo de los métodos elastográficos ultrasonoros (particularmente la elastografía transitoria 1D), para constituirse como una herramienta de monitoreo dentro de la medicina rehabilitatoria. De esta manera, se realizaron diversas experiencias de medida, que permitieron constatar la viabilidad del uso de dichos métodos para caracterizar objetivamente la elasticidad del músculo esquelético en distintas condiciones. Sin embargo, al margen de las ventajas que presentan los mismos para medir de un modo no invasivo la elasticidad de los tejidos biológicos blandos, pudimos evidenciar algunas limitaciones para su uso efectivo dentro de la medicina rehabilitatoria. Así, esto nos llevó a dar los primeros pasos hacia la proposición de un nuevo método elastográfico de baja frecuencia (independiente del ultrasonido), que superara tales limitaciones y constituyera una alternativa viable ante los métodos ultrasonoros.

20 horas semanales

Instituto de Física , Laboratorio de Acústica Ultrasonora

Investigación

Coordinador o Responsable

En Marcha

Equipo: G.A. GRINSPAN (Responsable) , BENECH, N. (Responsable) , AGUIAR, S.

Palabras clave: Módulo de Young Elastografía transitoria Elasticidad muscular Rehabilitación física

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / elasticidad muscular y

métodos de medida  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía ultrasonora

**Conferencia de consenso sobre energía nuclear en Uruguay: un ejercicio de democracia deliberativa y reflexión ciudadana (03/2010 - 12/2010)**

Este proyecto se ocupó de la concreción de un mecanismo de participación ciudadana en gestión de ciencia y tecnología. La propuesta se basó en el binomio participación/aprendizaje en torno a la temática de la energía nuclear en Uruguay. Se realizó la primera experiencia en el país de un juicio ciudadano o conferencia de consenso, en la que 15 ciudadanos no expertos en el tema pudieron actuar como jurados, manejando toda la información, argumentos y posturas en relación a la temática en Uruguay. El objetivo fue propiciar la comprensión pública de un tema de interés general mediante la promoción de un debate informado a nivel de la sociedad, así como su posterior difusión por medio de un audiovisual.

4 horas semanales  
Unidad de Ciencia y Desarrollo  
Desarrollo  
Otros  
Concluido

Financiación:

Comisión Sectorial de Investigación Científica, Uruguay, Apoyo financiero  
Equipo: M. LÁZARO (Responsable), VÁZQUEZ, A., G.A. GRINSPAN, NIEVAS, O.,  
BATTEGAZZORE, L., CLARO, L.

Palabras clave: Participación pública Cultura científica

Áreas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Otras Ciencias Sociales / Ciencias Sociales Interdisciplinarias / Ciencia  
Tecnología Sociedad

**Tendiendo puentes desde y hacia la Facultad de Ciencias (02/2010 - 12/2010)**

Proyecto tendiente a fortalecer los programas institucionales "Proyecto Predio" y "Programa de Visitas" de la Facultad de Ciencias, mediante el aprendizaje de los diferentes conocimientos científicos vinculados al proyecto Predio "Parque de Ciencias". En este sentido, dicho proyecto incluyó la creación de una colección zoológica didáctica para la realización de actividades de extensión con escuelas, así como la creación de manuales didácticos para el fortalecimiento del conocimiento de educadores y docentes en temas afines a las ciencias biológicas y la astronomía.

20 horas semanales  
Decanato, Oficina de Asistentes Académicos  
Extensión  
Integrante del Equipo  
Concluido

Equipo: R. MANEYRO (Responsable), MAI, P., G.A. GRINSPAN

Palabras clave: Parque de ciencias Ecología Biomas del Uruguay Astronomía

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Ecología / biomas del Uruguay  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Astronomía / Sisema Solar  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Otros Tópicos Biológicos /

**DOCENCIA**

**Licenciatura en Ciencias Biológicas/Bioquímica (05/2014 - a la fecha)**

Grado  
Asistente  
Asignaturas:  
Biofísica, 98 horas, Teórico-Práctico  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica /

**Licenciatura en Ciencias Biológicas (08/2023 - a la fecha)**

Grado  
Responsable  
Asignaturas:  
Seminario de Introducción a la Biología, 42 horas, Teórico-Práctico  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica /

**Licenciatura Ciencias Biológicas/Bioquímica entre otras carreras de UdelAR (optativa) (07/2025 - a la fecha)**

Grado

Responsable

Asignaturas:

Taller de Modelización Matemática y Computacional en Biociencias, 42 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Otros Tópicos Biológicos / Modelización de fenómenos biológicos

**Licenciatura en Ciencias Biológicas/Bioquímica (03/2019 - a la fecha)**

Grado

Organizador/Coordinador

Asignaturas:

Biofísica, 45 horas, Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica /

**Maestría en Ciencias Biológicas - Biofísica (UDELAR-PEDECIBA) (03/2025 - 06/2025)**

Maestría

Organizador/Coordinador

Asignaturas:

Biomecánica del músculo esquelético: De los mecanismos básicos a la función in vivo, 60 horas, Teórico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Licenciatura Ciencias Biológicas/Bioquímica entre otras carreras de UdelAR (optativa) (08/2015 - 12/2024)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Taller de Modelización Matemática y Computacional en Biociencias, 42 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Otros Tópicos Biológicos / Modelización de fenómenos biológicos

**Licenciatura en Ciencias Biológicas (09/2021 - 12/2021)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Modelización matemática en epidemiología (Seminario de Introducción a la Biología), 45 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Otros Tópicos Biológicos / Modelización de fenómenos biológicos

**Licenciatura en Ciencias Biológicas (09/2020 - 12/2020)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Introducción a las redes complejas (seminario de Introducción a la Biología), 45 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Redes complejas

**Curso optativo para Lic. en Ciencias Biológicas / Lic. en Biología Humana / Lic. en Física (08/2012 - 12/2012)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Introducción a la Biomecánica, 3 horas, Teórico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

**Curso optativo para Lic. en Ciencias Biológicas / Lic. en Biología Humana / Lic. en Física (03/2009 - 12/2009)**

Grado

Invitado

Asignaturas:

Introducción a la Biomecánica, 2 horas, Teórico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

**EXTENSIÓN**

**Responsable de la actividad "Laboratorio de Biofísica: Difusión a través de membranas," realizada en el marco del programa "Zambullite en la Ciencia" (02/2020 - 02/2020)**

Decanato 10 horas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica /

**(03/2014 - 12/2014)**

20 horas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Comunicación y Medios / Comunicación de Medios y Socio-cultural /

Divulgación científica

**(02/2010 - 12/2010)**

Decanato, Oficina de Asistentes Académicos

20 horas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Ecología / biomas del Uruguay

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Astronomía / Sistema Solar

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Otros Tópicos Biológicos /

**Integrante del equipo organizador del primer Juicio Ciudadano sobre Energía Nuclear en el Uruguay (03/2010 - 11/2010)**

Unidad de Ciencia y Desarrollo

4 horas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Otras Ciencias Sociales / Ciencias Sociales Interdisciplinarias / Ciencia

Tecnología Sociedad

**Actividades de divulgación científica varias en el marco del Programa de Visitas (08/2009 - 09/2010)**

Decanato, Oficina de Asistentes Académicos

20 horas

**GESTIÓN ACADÉMICA**

**Integrante de la Comisión de Adjudicación de la Licitación de Material de Laboratorio (03/2025 - a la fecha)**

Instituto de Biología Participación en consejos y comisiones 2 horas semanales

**Integrante de la Comisión de Adjudicación de la Licitación de Productos Químicos (03/2025 - a la fecha)**

Instituto de Biología Participación en consejos y comisiones 2 horas semanales

**Delegado de la CSIC en la Facultad de Ciencias. Realización de tareas de apoyo a la gestión de investigación de los docentes de la Facultad ante CSIC. Asesoramiento administrativo y rol en la gestión interna de los diferentes programas. (09/2010 - 05/2012)**

Gestión de la Investigación

**Integrante de la Comisión "Parque de Ciencias" por el Programa de Visitas (02/2010 - 09/2010)**

Participación en consejos y comisiones

**SECTOR EXTRANJERO/INTERNACIONAL/OTROS - BRASIL**

Universidad Federal de Río de Janeiro / Laboratório de Análise do Movimento e Fisiologia do Exercício

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN****Colaborador (06/2016 - a la fecha)**

5 horas semanales

Colaboración científica tendiente a investigar y desarrollar aplicaciones de la elastografía en el campo de la biomecánica muscular.

**ACTIVIDADES****LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN****Elastografía aplicada al estudio de la biomecánica muscular (06/2016 - a la fecha)**

Las actividades de esta línea se enmarcan en mi línea principal de investigación, titulada "Estudio de la biomecánica muscular mediante abordajes biofísicos basados en elastografía" (ver Facultad de Ciencias). Esta línea comenzó a desarrollarse a partir de mis estudios de maestría y doctorado, y ha dado lugar a diversas colaboraciones científicas que se mantienen activas en la actualidad. En ese contexto, actualmente coordino las actividades vinculadas a esta temática, las cuales se desarrollan en colaboración con el Laboratorio de Acústica Ultrasonora y la Sección Biofísica y Biología de Sistemas (ambos de la Facultad de Ciencias, Udelar), así como con el Laboratório de Análise do Movimento e Fisiologia do Exercício (PEB/COPPE/UFRJ). A través de un enfoque interdisciplinario, el objetivo principal de esta línea es profundizar en el desarrollo y la aplicación de la elastografía como herramienta para el estudio de diversos aspectos de la biomecánica muscular. En algunos de estos estudios, se utilizan desarrollos propios en elastografía por ondas de superficie (EOS), con el propósito de optimizar esta técnica para su aplicación en biomecánica, en combinación con otras metodologías clásicas del área (por ejemplo, electromiografía superficial bipolar y de alta densidad, dinamometría isocinética). Por otro lado, se llevan a cabo investigaciones que integran estas metodologías clásicas con elastografía por ondas de corte (gold estándar) y/o EOS, con el fin de validar esta última y abordar estudios fundamentales orientados a comprender distintos aspectos de la mecánica de la contracción muscular.

Fundamental

6 horas semanales, Coordinador o Responsable

Equipo: GRINSPAN, G.A., N. BENECH, DE OLIVEIRA, L.F., CABRAL, H.V., DE SOUZA, L.M.L., Brandao, M.C.

Palabras clave: Elastografía Biomecánica Músculo esquelético Ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO****Nuevos desarrollos en elastografía por ondas de superficie para la medida de elasticidad muscular: situaciones dinámicas, arquitecturas complejas y estimaciones multi-musculares (03/2020 - 09/2024)**

Proyecto de tesis de doctorado, que propuso la continuación de mi tesis de maestría en lo que respecta al desarrollo de nuevos conocimientos en el campo de la biomecánica muscular, así como de nuevas capacidades técnicas de la elastografía por ondas de superficie. Este proyecto resultó en la tesis doctoral titulada: "New developments in elastography applied to muscle biomechanics."

30 horas semanales

Investigación

Coordinador o Responsable

Concluido

Financiación:

Comisión Académica de Posgrado, Uruguay, Beca

Área Biología (PEDECIBA), Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: GRINSPAN, G.A. (Responsable), N. BENECH (Responsable), DE OLIVEIRA, L.F., POMI, A., Brandao, M.C.

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Elasticidad muscular Arquitecturas fibrilares complejas Sistema muscular Movimiento

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY

Centro Universitario Regional Litoral Norte / Departamento de Ingeniería Biológica

#### VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN

##### Funcionario/Empleado (01/2017 - 02/2020)

Asistente 10 horas semanales

Colaboración académica que desarrollo mediante la financiación de una extensión horaria de 30 a 40 hs, en el marco del cargo que desempeño como Asistente de la Sección Biofísica y Biología de Sistemas de la Facultad de Ciencias (UdelaR). Dicha extensión horaria cesó el 28 de febrero de 2020.

Escalafón: Docente

Grado: Grado 2

Cargo: Interino

#### ACTIVIDADES

##### DOCENCIA

##### Licenciatura en Ingeniería Biológica (08/2018 - 12/2019)

Grado

Responsable

Asignaturas:

Taller de Ingeniería Bioógica II, 96 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Electrofisiología

##### Licenciatura en Ingeniería Biológica (03/2017 - 07/2017)

Grado

Asistente

Asignaturas:

Biomecánica, 155 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

##### EXTENSIÓN

**Atención del stand de la Lic. en Ingeniería Biológica en Ingeniería de Muestra (presentación de pósters, demostración de prototipos experimentales, información general sobre la carrera). La actividad se desarrolla durante una semana al año. (10/2017 - 10/2019)**

9 horas

#### SECTOR GOBIERNO/PÚBLICO - MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA - URUGUAY

Servicio Oficial de Radiodifusión y Espectáculos

#### VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN

##### Funcionario/Empleado (03/2014 - 12/2014)

Elaborador de contenidos científicos 10 horas semanales

#### ACTIVIDADES

**OTRA ACTIVIDAD TÉCNICO-CIENTÍFICA RELEVANTE****(03/2014 - 12/2014)**

Radio Uruguay

10 horas semanales

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

**SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY**

## Espacio Interdisciplinario

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN****Funcionario/Empleado (08/2011 - 12/2013)** Trabajo relevante

Ayudante del Núcleo de Biomecánica 18 horas semanales

Realización de diversas tareas de gestión, investigación, docencia y extensión, llevadas a cabo dentro de las actividades enmarcadas en el plan de trabajo del Núcleo de Biomecánica del EI-UdelaR. Desde junio de 2012 hasta julio de 2013 se contó con una extensión horaria a 30 horas semanales. Si bien el período de financiamiento por parte del Espacio Interdisciplinario fue 2011-2013, el Núcleo de Biomecánica continúa actualmente formando integral del mismo.

Escala: Docente

Grado: Grado 1

Cargo: Interino

**ACTIVIDADES****LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN****Paleobiología de vertebrados fósiles sudamericanos mediante la aplicación de modelos biomecánicos (etapa en EI-UdelaR) (08/2011 - 12/2013)**

Corresponde a la línea de investigación que llevo a cabo desde el 2008 a la actualidad en el Instituto de Física de la Facultad de Ciencias, la cual desarrollé durante el período 08/2011- 12/2013 en el marco institucional del Espacio Interdisciplinario (EI-UdelaR) gracias a mi vinculación con el Núcleo de Biomecánica.

18 horas semanales

Núcleo de Biomecánica, Integrante del equipo

Equipo: JONES, W.W., RINDERKNECHT, A., BLANCO, R.E., SENSALE, S.

Palabras clave: Biomecánica Paleobiología Vertebrados fósiles sudamericanos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

**Estudio teórico de análisis deportivo (etapa inicial en EI-UdelaR) (08/2011 - 12/2013)**

Esta línea de trabajo se abocó al abordaje de problemas en el campo de las ciencias del deporte.

Dicha línea tiene puntos de contacto con las otras líneas de contenido biológico, en lo que tiene que ver con la aplicación de modelos biomecánicos y probabilísticos para el abordaje de las diferentes temáticas de investigación. El interés radica en profundizar sobre aspectos teóricos con potencial impacto en el deporte, para así contribuir hacia el desarrollo y sistematización de ésta especialidad en Uruguay. Esta línea se enmarca dentro de un vínculo de colaboración establecido con el Instituto Superior de Educación Física (ISEF-UdelaR), a través del cual se llevan a cabo actividades de investigación en estrecha asociación con la docencia y la formación de RRHH.

Mixta

10 horas semanales

Núcleo de Biomecánica, Integrante del equipo

Equipo: BLANCO, R.E., JONES, W.W.

Palabras clave: Biomecánica Estadística Análisis deportivo

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO****Núcleo de Biomecánica: física clásica aplicada a estructuras biológicas (08/2011 - 12/2013)**

El objetivo del Núcleo de Biomecánica fue generar un espacio de investigación en el que interactúen disciplinas como la física, la biología y la ingeniería de estructuras, así como desarrollar actividades de docencia, extensión y divulgación científica. De esta manera, las instituciones vinculadas al proyecto fueron el Instituto de Física de la Facultad de Ciencias (UdelaR), el Instituto de Estructuras y Transporte de la Facultad de Ingeniería (UdelaR), el Museo Nacional de Historia Natural (MEC) y el Instituto Superior de Educación Física (UdelaR). Se ha trabajado en problemas paleobiológicos a través de la aplicación de modelos basados en la física y la ingeniería, procurando determinar los modos de vida y hábitos de especies fósiles, en particular los grandes vertebrados de la fauna sudamericana. Asimismo, se han realizado distintas actividades de investigación, docencia y divulgación científica en temas vinculados a la aplicación de modelos biomecánicos y estadísticos al deporte. El período formal de ejecución del Núcleo bajo la órbita del Espacio Interdisciplinario (UdelaR) culminó en diciembre de 2013, pero el mismo sigue identificado a dicha institución y las áreas de trabajo continúan desarrollándose actualmente con sede en el Instituto de Física de la Facultad de Ciencias.

30 horas semanales

Desarrollo

Integrante del Equipo

En Marcha

Equipo: G.A. GRINSPAN, BLANCO, R.E. (Responsable), JONES, W.W., RINDERKNECHT, A., SENSALÉ, S.

Palabras clave: Paleobiomecánica Análisis deportivo Física clásica Ingeniería de estructuras

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente /

Paleontología / Paleobiología de vertebrados fósiles

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

**Proyecto de actividades innovadoras para la difusión de la Ciencia y la Tecnología (ANEP-PROCIENCIA): (11/2012 - 11/2013)**

Proyecto de divulgación científica cuyo objetivo fue el de abordar temas de física y biología involucrados en la percepción de la música; en particular acústica, anatomía, neurofisiología y fisiología auditiva. Para ello, se realizaron una serie de conferencias-espectáculo a través de las cuales se pretendió hacer un análisis de la música desde el punto de vista de sus aspectos físicos, biológicos, y socio-culturales, integrando el discurso científico con canciones de los Beatles interpretadas en vivo y la actuación. Además, se trató el fenómeno de la música desde un punto de vista evolutivo y comparativo, en relación con las formas de comunicación tanto en animales como en las diferentes culturas humanas. También se analizó la relación entre la música y la ciencia desde un punto de vista histórico. Se dio un especial énfasis al carácter interdisciplinario de estos temas. El proyecto estuvo destinado a todo público, haciendo énfasis fundamentalmente en estudiantes de educación secundaria de Montevideo y el interior del país.

5 horas semanales

Núcleo de Biomecánica

Extensión

Integrante del Equipo

Concluido

Equipo: G.A. GRINSPAN, BLANCO, R.E. (Responsable), SENSALÉ, S., ESTABLE, N., JONES, W.W., VILLAMIL, J.

Palabras clave: Física y biología de la música Aspectos evolutivos y socioculturales

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Física de la Música

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biología y Biología de la Evolución / Biología de la Música

**DOCENCIA****(03/2012 - 12/2013)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Seminario Tesina (curso de 4º año de la Licenciatura en Educación Física-ISEF, dictado por los

docentes del Núcleo de Biomecánica que comprende la orientación de tesinas de grado - ver en "Formación de RRHH", 4 horas, Teórico-Práctico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva  
Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

**(08/2012 - 12/2012)**

Grado

Asistente

Asignaturas:

Introducción a la Biomecánica (curso optativo válido para diversas carreras como: licenciaturas varias de Facultad de Ciencias (ver en "actividades" en Fac. de Ciencias); Lic. en Educación Física (ISEF); Lic. Fisioterapia (EUTM); entre otras., 3 horas, Teórico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

**Curso presencial de la Comisión Sectorial de Educación Permanente (08/2012 - 08/2012)**

Perfeccionamiento

Asistente

Asignaturas:

Superhéroes de la Física: ciencia y cultura popular (curso sobre divulgación científica y generación de productos audiovisuales), 3 horas, Teórico

Áreas de conocimiento:

Ciencias Sociales / Comunicación y Medios / Comunicación de Medios y Socio-cultural / Divulgación científica

**EXTENSIÓN**

**(11/2012 - 11/2013)**

Núcleo de Biomecánica

5 horas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Física de la Música  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biología y Biología de la Evolución / Biología de la Música

**GESTIÓN ACADÉMICA**

**Integrante de la Sala Docente del Espacio Interdisciplinario (08/2011 - 12/2013)**

Participación en consejos y comisiones

**SECTOR EDUCACIÓN SUPERIOR/PÚBLICO - UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA - URUGUAY**

Facultad de Ingeniería

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN**

**Becario (11/2010 - 12/2011)**

Integrante de equipo de investigación 10 horas semanales

Participación en proyecto de investigación. El mismo consistió en comparar desde el punto de vista biomecánico, la patada delfín y la patada crol del nado humano con el nado por ondulación de los peces. El objetivo se centró en aportar una explicación física del rol de la patada en la propulsión total, así como de las limitaciones impuestas por el diseño biológico que surgen a la hora de comparar el nado humano respecto a un modelo mucho más eficiente como el de los peces.

Escalafón: No Docente

Cargo: Interino

**ACTIVIDADES**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

**Modelación mecánica de la patada humana en natación y comparación con el nado de peces (11/2010 - 12/2011)**

En este trabajo estudiamos comparativamente la patada delfín y la patada crol de la natación humana respecto al nado de los peces por ondulación, tratando de explicar cómo la misma puede ser propulsiva. En este sentido, usualmente se le resta importancia a la acción de las piernas en relación a la de los brazos. Así, a partir del análisis de videos deportivos, llevamos a cabo distintos análisis geométricos e hidrodinámicos. Éstos nos permitieron determinar que en la patada humana de natación se propaga una onda viajera a través del cuerpo, cuya velocidad de propagación debe ser mayor a la velocidad de nado para que la patada sea propulsiva. Por su parte, el análisis hidrodinámico reveló que el nado de los peces carangiformes es un mejor análogo que el nado de los cetáceos (ampliamente extendido en la bibliografía) para el estudio comparativo de la patada humana en natación. Este trabajo permitió, a la luz de un modelo más eficiente como el de los peces, avanzar en cuanto a la comprensión biomecánica de la patada humana en natación y acerca de cómo se compensan ciertas restricciones anatómicas en el nado por ondulación humano.

10 horas semanales

Instituto de Física , Laboratorio de Inestabilidades en Fluidos

Investigación

Coordinador o Responsable

Concluido

Financiación:

Comisión Sectorial de Investigación Científica, Uruguay, Apoyo financiero

Equipo: F. LIBRÁN , G.A. GRINSPAN (Responsable) , BOVE, I. (Responsable)

Palabras clave: Biomecánica del nado por ondulación Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

**SECTOR EXTRANJERO/INTERNACIONAL/OTROS - ESTADOS UNIDOS**

Federal Equipment Company / Oficina de operaciones para Latinoamérica

**VÍNCULOS CON LA INSTITUCIÓN****Funcionario/Empleado (06/2006 - 07/2007)**

Asistente - Federal Equipment Company (USA) 40 horas semanales

Federal Equipmnt Company es una Compañía de los Estados Unidos líder en proveer maquinaria de proceso previamente operada a industrias de los ramos químico, alimenticio, farmacéutico y plástico. Principales funciones: cumplimiento de diversas tareas administrativas y de procesamiento de datos (búsqueda de potenciales clientes latinoamericanos en los ramos citados anteriormente, y posterior armado y mantenimiento de una base de datos para cada país en particular). -Otras tareas desarrolladas: coordinación de reuniones y viajes, contacto periódico con el cliente (generalmente con la dirección de operaciones, gerencia de producción o sus respectivas secretarías/os) vía e-mail o telefónicamente a través de Internet VolP. Responsable de la oficina en caso de viaje del Director (situación frecuente). Trámites varios.

**Funcionario/Empleado (06/2006 - 07/2007)**

Asistente del Director de Operaciones 40 horas semanales

Federal Equipmnt Company es una Compañía de los Estados Unidos líder en proveer maquinaria de proceso previamente operada a industrias de los ramos químico, alimenticio, farmacéutico y plástico. Principales funciones: cumplimiento de diversas tareas administrativas y de procesamiento de datos (búsqueda de potenciales clientes latinoamericanos en los ramos citados anteriormente, y posterior armado y mantenimiento de una base de datos para cada país en particular). -Otras tareas desarrolladas: coordinación de reuniones y viajes, contacto periódico con el cliente (generalmente con la dirección de operaciones, gerencia de producción o sus respectivas secretarías/os) vía e-mail o telefónicamente a través de Internet VolP. Responsable de la oficina en caso de viaje del Director (situación frecuente). Trámites varios.

**CARGA HORARIA**

Carga horaria de docencia: 5 horas

Carga horaria de investigación: 30 horas  
Carga horaria de formación RRHH: Sin horas  
Carga horaria de extensión: 5 horas  
Carga horaria de gestión: 10 horas

## Producción científica/tecnológica

Mi trabajo se ha centrado fundamentalmente dentro del área de la biomecánica, con particular énfasis en la biomecánica muscular. He trabajado llevando a cabo un enfoque interdisciplinario, que comprende el desarrollo y aplicación de métodos acústicos para estimar la elasticidad del músculo esquelético. Así, uno de los principales aportes realizados al mencionado campo de estudios, ha consistido en el desarrollo de un método y equipo de elastografía por ondas de superficie (EOS). Este desarrollo se realizó en el Laboratorio de Acústica Ultrasonora (Instituto de Física, Facultad de Ciencias) conjuntamente con el Dr. Nicolás Benech, quien orientó mis estudios de posgrado en tal sentido. Dicho método, que se basa en la propagación de ondas de superficie de baja frecuencia, se presenta como una alternativa ventajosa ante los métodos clásicos de elastografía ultrasonora (shear wave elastography, SWE), por su bajo costo, portabilidad, y posibilidad de uso en aplicaciones de campo. Asimismo, permite medir en más de un músculo simultáneamente y con una mayor frecuencia de muestreo que la SWE, haciendo posible la caracterización de la elasticidad muscular en condiciones dinámicas (ej. marcha, saltos, distintos tipos de ejercicios excéntricos). De esta manera, la EOS ha supuesto una clara innovación, superando algunas limitaciones de los métodos SWE, permitiendo extender las aplicaciones de la elastografía para la generación de conocimiento básico y aplicado dentro del campo de la biomecánica muscular y áreas afines (ej. medicina, rehabilitación, deporte, ejercicio). Así, algunos de los trabajos realizados han dado cuenta de la relación entre la elasticidad muscular, el torque articular y la actividad electromiográfica del músculo esquelético, así como también de la dependencia temporal del reparto de carga entre músculos sinérgicos. Por otra parte, dada la relación existente entre la elasticidad de la carne y su terneza, también ha sido posible transferir esta tecnología a otras áreas del sector productivo, realizándose trabajos junto a la industria cárnica en tal sentido.

Otra contribución relevante de mi producción científico/tecnológica ha consistido en la incorporación de métodos clásicos de la biofísica de las interacciones moleculares receptor-ligando, en elastografía y biomecánica muscular. Los desarrollos en este sentido han dado lugar a métodos que permiten caracterizar la dinámica contráctil del músculo esquelético, encontrándose una correspondencia con las dinámicas de unión típicas de los complejos receptor-ligando. Esto ha posibilitado establecer posibles links entre los procesos contráctiles a macro y microescala del músculo esquelético, siendo la primera vez que se propone tal significancia de las medidas elastográficas. Lo anterior ha sido aplicado para describir la dinámica contráctil de conjuntos de músculos sinérgicos en fenómenos biomecánicos complejos, como el reparto de carga durante la flexión isométrica en miembros superiores. Asimismo, también ha permitido aportar soluciones novedosas basadas en elastografía a problemas de larga data en el campo de la biomecánica muscular, como lo es el cálculo de fuerzas musculares individuales. Todo lo anterior tiene gran potencial de aplicación en medicina, rehabilitación, deporte y ejercicio, para definir indicadores de calidad muscular representativos de la capacidad contráctil del músculo esquelético.

## Producción bibliográfica

### ARTÍCULOS PUBLICADOS

#### ARBITRADOS

#### **A Possible Molecular Basis of the Change in Load Sharing Between Synergistic Muscles Characterized by Elastography (Completo, 2024)**

GRINSPAN, G.A. , POMI, A. , BENECH, N.  
IFMBE proceedings, v.: 100 p.:86 - 89, 2024

Palabras clave: Elastography Shear elasticity Cross-bridges Binding dynamics

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

Lugar de publicación: Alemania

ISSN: 16800737

E-ISSN: 17271983

DOI: [10.1007/978-3-031-49407-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-49407-9_9)

<https://www.springer.com/series/7403>

Este trabajo fue seleccionado para publicación tras su presentación en el IX Latin American Congress on Biomedical Engineering and XXVIII Brazilian Congress on Biomedical Engineering (2022). Asimismo, es el antecedente inmediato del artículo publicado en 2023 en Scientific Reports (Grinspan et al. (2023), DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45037-y>).

Scopus

**Widening the frontiers of elastography in biomechanics: simultaneous muscle elasticity measurements at high-sample rate with surface wave elastography (Completo, 2024)** Trabajo relevante

GRINSPAN, G.A., OLIVEIRA, L.F., BRANDAO, M.C., BENECH, N.

Frontiers in Physics, v.: 12 p.:13292 2024

Palabras clave: Non-ultrasound surface wave elastography shear elastic modulus Simultaneous measurements High sample rate Electromyography Skeletal muscle

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

Lugar de publicación: Suiza

E-ISSN: 2296424X

DOI: [10.3389/fphy.2024.1329296](https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1329296)

<https://www.frontiersin.org/journals/physics>

WEB OF SCIENCE® Scopus

**Load sharing between synergistic muscles characterized by a ligand-binding approach and elastography (Completo, 2023)** Trabajo relevante

GRINSPAN, G.A., OLIVEIRA, L.F., BRANDAO, M.C., POMI, A., BENECH, N.

Scientific Reports, v.: 13 1, p.:18267 2023

Palabras clave: Skeletal muscle Shear elastic modulus Load sharing Ligand-binding Short range stiffness Acousto-elasticity

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

Lugar de publicación: United Kindom

E-ISSN: 20452322

DOI: [10.1038/s41598-023-45037-y](https://doi.org/10.1038/s41598-023-45037-y)

[www.nature.com/scientificreports](http://www.nature.com/scientificreports)

WEB OF SCIENCE® Scopus

**Monitoring ageing in beef samples using surface wave elastography: A feasibility study (Completo, 2021)**

NICOLÁS BENECH, SOFÍA AGUIAR, GUSTAVO A. GRINSPAN

Journal of Food Engineering, v.: 307 p.:110647 2021

Palabras clave: Maduración enzimática Carne vacuna Terneza Elastografía por ondas de superficie

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Ciencias Físicas / Elastografía

Ingeniería y Tecnología / Otras Ingenierías y Tecnologías / Alimentos y Bebidas / Industria cárnica

Lugar de publicación: Netherlands

ISSN: 02608774

DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2021.110647](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110647)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110647>

Scopus

**Surface wave elastography is a reliable method to correlate muscle elasticity, torque, and electromyography activity level (Completo, 2021)** Trabajo relevante

GRINSPAN, G.A., Cabral, H.V., de Souza, L. M. L., de Oliveira, L. F., Aguiar, S., Blanco, R.E., Benech, N.

Physiological Reports, v.: 9 e14955, p.:1 - 14, 2021

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Elasticidad Torque Actividad electromiográfica Músculo esquelético

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

Lugar de publicación: Estados Unidos

E-ISSN: 2051817X

DOI: [10.14814/phy2.14955](https://doi.org/10.14814/phy2.14955)

<http://doi.org/10.14814/phy2.14955>

Scopus

**Surface wave elastography: device and method (Completo, 2019)** Trabajo relevante

BENECH, N. , GRINSPAN, G.A. , Cabrera, S. , Negreira, C.A.

Measurement Science and Technology, v.: 30 3 , p.:35701 2019

Palabras clave: Efecto de ondas guiadas Efecto de campo cercano Dispositivo de medida Algoritmo de inversión

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Papel

Lugar de publicación: Reino Unido

ISSN: 09570233

E-ISSN: 13616501

DOI: [10.1088/1361-6501/aafa66](https://doi.org/10.1088/1361-6501/aafa66)

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6501/aafa66>

En este artículo se brinda una descripción detallada del dispositivo de medición y los algoritmos de inversión que componen el método de la elastografía por ondas de superficie, que hemos desarrollado conjuntamente con los coautores. Dicho método se probó en geles de simulación de tejido biológico blando y muestras de carne vacuna. Asimismo, tendiendo a las aplicaciones biomecánicas del método, se muestran aplicaciones in vivo para estimar la elasticidad del bíceps braquial de dos voluntarios sanos. Los resultados obtenidos son comparables a los exhibidos por otros métodos de referencia citados en la literatura, como la elastografía ultrasonora.

WEB OF SCIENCE® Scopus

**Analysis of the transient surface wave propagation in soft-solid elastic plates (Completo, 2017)** Trabajo relevante

BENECH, N. , BRUM, J. , GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , NEGREIRA, C.A.

The Journal of the Acoustical Society of America, v.: 142 5 , p.:2919 - 2932, 2017

Palabras clave: Ondas de superficie Sólidos blandos Ondas guiadas Interferencia de ondas Velocidad de fase

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Papel

Lugar de publicación: Estados Unidos

ISSN: 00014966

DOI: [10.1121/1.4993633](https://doi.org/10.1121/1.4993633)

<https://asa.scitation.org/doi/full/10.1121/1.4993633>

En este trabajo se realiza un análisis del transitorio de la propagación de ondas guiadas a nivel del campo de desplazamiento superficial, en placas elásticas de sólidos blandos. Lo anterior tiene importantes connotaciones en el desarrollo de métodos de elastografía por ondas de superficie.

WEB OF SCIENCE® Scopus

**Bite force and body mass of the fossil rodent *Telicomys giganteus* (Caviomorpha, Dinomyidae) (Completo, 2017)**

RINDERKNECHT, A. , W.W. JONES, ARAÚJO, N. , GRINSPAN, G.A. , BLANCO, R.E.

Historical Biology, v.: 31 5 , p.:644 - 652, 2017

Palabras clave: Fuerza de mordida Roedor gigante Plioceno Masa corporal Incisivos

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Medio de divulgación: Internet

Lugar de publicación: Reino Unido

ISSN: 08912963

E-ISSN: 10292381

DOI: [10.1080/08912963.2017.1384475](https://doi.org/10.1080/08912963.2017.1384475)

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08912963.2017.1384475>

WEB OF SCIENCE® Scopus

**Optimization of a surface wave elastography method through diffraction and guided waves effects characterization (Completo, 2016)** Trabajo relevante

GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S., BENECH, N.

Journal of Physics Conference Series, v.: 705 p.:12014 2016

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Efecto de difracción Ondas guiadas Optimización

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

E-ISSN: 17426596

DOI: [10.1088/1742-6596/705/1/012014](https://doi.org/10.1088/1742-6596/705/1/012014)<http://iopscience.iop.org/1742-6596/>

Este trabajo abarca parte del trabajo de investigación que venimos desarrollando en relación a la física de la propagación de ondas de Rayleigh de baja frecuencia en sólidos blandos, y su aplicación al desarrollo de un método de Elastografía por Ondas de Superficie (EOS) para la caracterización de la elasticidad en tejidos biológicos blandos. En trabajos previos citados en este CVuy, hemos sugerido que la sobreestimación de la elasticidad por parte de la EOS con respecto a la elastografía transitoria 1D (ET 1D, método ultrasonoro de referencia), puede deberse a efectos de difracción y ondas guiadas. De esta manera, en este trabajo se presentan resultados que confirman la incidencia de tales efectos. Asimismo, se proponen ciertas estrategias que resultan muy efectivas a la hora de minimizar su efecto sobre las estimaciones y obtener valores de elasticidad análogos a los de la ET 1D.

Scopus**Analysis of Rayleigh-Lamb modes in soft-solids with application to surface wave elastography (Completo, 2015)**

BENECH, N., GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S., BRUM, J., NEGREIRA, C., TANTER, M., GENNISSON, J.C.

Physics Procedia, v.: 70 2015, p.:175 - 178, 2015

Palabras clave: Elastografía Ondas de Rayleigh Efecto de ondas guiadas Efectos de campo cercano

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

ISSN: 18753892

DOI: [10.1016/j.phpro.2015.08.104](https://doi.org/10.1016/j.phpro.2015.08.104)<http://www.journals.elsevier.com/physics-procedia/>**South American giant short-faced bear (Arctotherium angustidens) diet: evidence from pathology, morphology, stable isotopes and biomechanics (Completo, 2014)** Trabajo relevante

L.H. SOIBELZON, GRINSPAN, G.A., BOCHERENS, H., ACOSTA, W.G., JONES, W.W., BLANCO, R.E.

Journal of Paleontology, v.: 88 6, p.:1240 - 1250, 2014

Palabras clave: Fuerza de mordida Ursidos Patologías dentales Isótopos estables

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Medio de divulgación: Papel

Lugar de publicación: Estados Unidos

ISSN: 00223360

E-ISSN: 19372337

DOI: [10.1666/13-143](https://doi.org/10.1666/13-143)<http://www.psjournals.org/doi/abs/10.1666/13-143>

Estudio de las patologías dentarias, isótopos estables, fuerza de mordida mediante estudio biomecánico y otros aspectos morfológicos de una especie sudamericana de oso de cara corta (*Arctotherium angustidens*, sub-familia Tremarctinae). Las diferentes metodologías implican que esta especie habría sido más carnívora que las especies actuales, que las actividades carroñeras habrían sido frecuentes. Finalmente, se discuten las estrategias de manipulación de presas que podrían tener puntos en común con el pariente cercano, el oso de anteojos actual de los Andes. Se discuten la evolución en la dieta y en el tamaño corporal de los miembros del clado *Arctotherium*.

WEB OF SCIENCE Scopus**In vivo Assessment of Muscle Mechanical Properties Using a Low-cost Surface Wave Method**

**(Completo, 2012)**

BENECH, N. , AGUIAR, S. , GRINSPAN, G.A. , BRUM, J. , NEGREIRA, C.

Proceedings, v.: 2012 p.:2571 - 2574, 2012

Palabras clave: Biomecánica Elastografía transitoria Músculo esquelético Ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Medio de divulgación: Papel

Lugar de publicación: Estados Unidos

E-ISSN: 10510117

DOI: [10.1109/ULTSYM.2012.0644](https://doi.org/10.1109/ULTSYM.2012.0644)

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome.jsp?punumber=1000770>

En este trabajo se exponen los primeros resultados en cuanto a la proposición de un método de elastografía por ondas de superficie (EOS), que permite medir objetivamente y de manera no invasiva-destructiva la elasticidad de los tejidos biológicos blandos. El estudio de las ondas superficiales de Rayleigh ya es empleado en diversas aplicaciones dentro del campo de la física de los materiales, pero su empleo para la determinación de la elasticidad de los tejidos blandos ha sido muy poco extendido. De esta manera, en este trabajo se pretendió analizar dicha posibilidad, para lo cual se caracterizaron los cambios de elasticidad muscular a nivel del bíceps braquial humano, cuando el mismo es sometido a diferentes situaciones de carga estática. Los resultados obtenidos mostraron un comportamiento acorde de la EOS con respecto a los métodos ultrasonoros de referencia, denotando también la necesidad de caracterizar adecuadamente y corregir la influencia de determinados efectos físicos que sobreestiman los valores de elasticidad.

**Fossil marsupial predators of South America (Marsupialia, Borhyaenoidea): bite mechanics and palaeobiological implications (Completo, 2011)**

R.E. BLANCO , W.W. JONES , GRINSPAN, G.A.

Alcheringa An Australasian Journal of Palaeontology, v.: 35 3 , p.:377 - 387, 2011

Palabras clave: Borhiénidos Fuerza de mordida

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Medio de divulgación: Papel

Lugar de publicación: Australia

ISSN: 03115518

E-ISSN: 17520754

DOI: [10.1080/03115518.2010.519644](https://doi.org/10.1080/03115518.2010.519644)

<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a930509718~frm=titlelink>

Estudio sobre la resistencia mandibular y estimación de fuerza de mordida en marsupiales carnívoros del Terciario sudamericano. La aplicación de dos modelos biomecánicos independientes permiten generar inferencias acerca de la paleobiología de este grupo fósil que compartió como depredador dominante los paleoambientes sudamericanos con las Aves del Terror (Aves: Phorusrhacidae). Se utilizó material nacional albergado en el Museo Nacional de Historia Natural (MNHN).

WEB OF SCIENCE® Scopus®

**LIBROS****Manual y guía para educadores y docentes «Parque de ciencias» ( Compilación , 2010)**

MAI, P. , GRINSPAN, G.A. Publicado

Número de volúmenes: 1

Número de páginas: 60

Editorial: URUPRINT

Palabras clave: Ecología, biomas, astronomía, planetas

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Ecología / biomas del Uruguay

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Zoología, Ornitología, Entomología, Etología /

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Astronomía / Sistema Solar

Medio de divulgación: Papel

ISSN/ISBN:

Libro de divulgación científica destinado a docentes y educadores de educación primaria, generado

a partir del proyecto "Tendiendo puentes desde y hacia Facultad de Ciencias", financiado por la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (Maneyro, R., Mai, P., Grinspan, G.A., 2010). Se presenta una versión actualizada de distintos tópicos biológicos referidos a temáticas vinculadas con la zoología, ecología y botánica, así como temáticas relacionadas a la física como la astronomía. Este material constituye un aporte hacia el fortalecimiento de los docentes y educadores de primaria en temáticas afines a las ciencias básicas.

#### PUBLICACIÓN DE TRABAJOS PRESENTADOS EN EVENTOS

##### **Rectus Femoris Shear Elasticity Varies with Flexio-Extension of Hip and Knee During Gait (2025)**

GRINSPAN, G.A. , SANTOS D , REY, A. , SIMINI F , N. BENECH

Publicado

Completo

Evento: Internacional

Descripción: 2024 International Symposium on 3D Analysis of Human Movement (3DAHM)

Ciudad: Montevideo

Año del evento: 2025

Anales/Proceedings:2024 International Symposium on 3D Analysis of Human Movement (3DAHM)

Página inicial: 1

Página final: 5

ISSN/ISBN: 979-8-3315-2173-8

Publicación arbitrada

Editorial: IEEE

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Shear elasticity Rectus femoris Elasticidad muscular dinámica Marcha

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

DOI: [10.1109/3DAHM62677.2024.10920660](https://doi.org/10.1109/3DAHM62677.2024.10920660)

Financiación/Cooperación:

Comisión Central de Dedicación Total / Apoyo financiero, Uruguay

<https://ieeexplore.ieee.org/document/10920660>

##### **Temporal dependence of the mechanical and electrical properties of skeletal muscle assessed through surface wave elastography and high-density electromyography (2024)**

Grinspan, G.A. , De Oliveira, L.F. , Brandao, M.C. , Benech, N.

Publicado

Resumen expandido

Evento: Regional

Descripción: XXIX Congreso Brasileiro de Ingeniería Biomédica

Ciudad: Riberão Preto, SP.

Año del evento: 2024

Anales/Proceedings:Proceedings

Página inicial: 258

Página final: 259

Publicación arbitrada

Palabras clave: Temporal dependence Skeletal muscle Shear elasticity Electromyographic activity

Non-ultrasound surface wave elastography

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

<https://sbeb.org.br/cbeb2024/#proceedings>

##### **An Elastography-Driven Biomechanical Model for Individual Muscle Force Estimation (2024)**

GRINSPAN, G.A. , de Oliveira, L.F. , Brandao, M.C. , BENECH, N.

Publicado

Completo

Evento: Internacional

Descripción: 2024 IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (LAUS)

Ciudad: Montevideo

Año del evento: 2024

Anales/Proceedings:2024 IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (LAUS)  
Pagina inicial: 1  
Pagina final: 4  
Editorial: IEEE  
Palabras clave: Biomechanics Skeletal muscle Elastography Individual muscle force Static optimization  
Areas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Internet  
DOI: [10.1109/LAUS60931.2024.10553215](https://doi.org/10.1109/LAUS60931.2024.10553215)  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10553215>  
Este trabajo fue premiado como ganador de la Student Paper Competition del LAUS 2024.

#### **Characterizing the ligand-binding behavior behind muscle synergism by elastography (2023)**

GRINSPAN, G.A. , Fernandez de Oliveira, L. , Brandao, M.C. , N. BENECH  
Publicado  
Resumen  
Evento: Internacional  
Descripción: 28th Annual Congress of the European College of Sports Science  
Ciudad: París  
Año del evento: 2023  
Anales/Proceedings:Book of Abstracts  
ISSN/ISBN: 978-3-9818414-6-6  
Publicación arbitrada  
Palabras clave: Skeletal muscle Shear elastic modulus Cross-bridges Ligand-binding dynamics Load sharing  
Areas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Internet  
<https://sport-science.org/index.php/congress/ecss-paris-2023>

#### **Simultaneous high-frequency measurement of shear elasticity in synergistic muscles using surface wave elastography (2023)**

GRINSPAN, G.A. , N. BENECH  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: XX Congreso Brasileiro de Biomecánica  
Ciudad: Bauru - SP  
Año del evento: 2023  
Anales/Proceedings:Libro de resúmenes  
Publicación arbitrada  
Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Medidas simultáneas Alta tasa de muestreo Reparto de carga Dependencia temporal  
Areas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Internet

#### **Modelo para estimación de fuerzas musculares basado en elastografía (2022)**

GRINSPAN, G.A. , POMI, A. , BENECH, N.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: III Congreso Nacional de Biociencias & II Jornadas Binacionales Argentina-Uruguay  
Ciudad: Montevideo  
Año del evento: 2022  
Anales/Proceedings:Physiological Mini Reviews  
Volumen:15  
Pagina inicial: 100  
ISSN/ISBN: 1669-5410  
Publicación arbitrada

Editorial: SAFIS

Palabras clave: Elasticidad músculo esquelético contracción isométrica torque articular fuerza muscular

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

Financiación/Cooperación:

Área Biología (PEDECIBA) / Apoyo financiero, Uruguay

<https://pmr.safisiol.org.ar/issue/special-issue-congreso-nacional-de-biociencias/>

**A possible molecular basis of the change in load sharing between synergistic muscles characterized by elastography (2022)**

GRINSPAN, G.A. , POMI, A. , BENECH, N.

Publicado

Completo

Evento: Internacional

Descripción: IX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica & XXVIII Congreso Brasileño de Ingeniería Biomédica (CLAIB&CBEB 2022)

Ciudad: Florianópolis

Año del evento: 2022

Anales/Proceedings: Proceedings of the IX Latin American Congress on Biomedical Engineering (CLAIB 2022) and the XXVIII Brazilian Congress on Engineering Biomedical Engineering (CBEB 2022)

ISSN/ISBN: 978-65-89463-69-6

Publicación arbitrada

Editorial: Proceedings.Science

Palabras clave: Elastography Shear elasticity Skeletal muscle Cross-bridges Binding dynamics

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Financiación/Cooperación:

Área Biología (PEDECIBA) / Apoyo financiero, Uruguay

Trabajo seleccionado para publicación en IFMBE Proceedings (ver cita en "Artículos publicados arbitrados")

**Elastografía de baja frecuencia en músculo esquelético: relación con el torque articular y la actividad mioeléctrica (2019)**

GRINSPAN, G.A. , BENECH, N. , AGUIAR, S.

Publicado

Resumen

Evento: Nacional

Descripción: II Congreso Nacional de Biociencias

Ciudad: Montevideo

Año del evento: 2019

Anales/Proceedings: Libro de resúmenes

Página inicial: 271

Página final: 271

Publicación arbitrada

Palabras clave: Elasticidad muscular Torque articular Actividad mioeléctrica Elastografía por ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Medio de divulgación: Internet

Financiación/Cooperación:

Comisión Académica de Posgrado / Beca, Uruguay

<http://www.biociencias2019.uy/>

**Advances in the surface wave elastography method for the in vivo estimation of muscle elasticity (2015)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.

Publicado

Resumen

Evento: Regional

Descripción: Latin American Crosstalk in Biophysics and Physiology  
Ciudad: Salto  
Año del evento: 2015  
Anales/Proceedings: Latin American Crosstalk in Biophysics and Physiology, 2015  
ISSN/ISBN: 978-987-27591-  
Palabras clave: Elasticidad muscular Elastografía por ondas de superficie Ondas guiadas  
Optimización Difracción  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Papel  
<http://masbiofisica.fcien.edu.uy/latin-american-crosstalk-in-biophysics-sbf-uy-sab>

**Caracterización elástica de tejido blando mediante ondas de superficie (2014)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: XV Jornadas de la Sociedad Uruguaya de Biociencias  
Ciudad: Maldonado  
Año del evento: 2014  
Anales/Proceedings: Libro de Resúmenes  
Página inicial: 71  
Página final: 71  
ISSN/ISBN: 1688-9819  
Publicación arbitrada  
Editorial: © Sociedad Uruguaya de Biociencias  
Ciudad: Montevideo  
Palabras clave: Módulo de Young Elastografía por ondas de superficie Tejidos biológicos blandos  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Medio de divulgación: Papel

**Elastografía por Ondas de Superficie en Sólidos Blandos (2013)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: 2º Congreso Interdisciplinario de Nanotecnología y Biomateriales  
Ciudad: Montevideo, Uruguay  
Año del evento: 2013  
Anales/Proceedings: Programa y Resúmenes  
Página inicial: 11  
Página final: 11  
Publicación arbitrada  
Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Tejidos biológicos blandos  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / Caracterización elástica de sólidos blandos  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Papel  
<http://www.cosue2013.uy/nanotecnologia.asp>

**Elastografía por ondas de superficie: proposición de un nuevo método de bajo costo para la medida no invasiva del tono muscular (2012)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Regional  
Descripción: XXI Congreso Argentino de Medicina Física y Rehabilitación y XV Jornadas del Cono Sur  
Ciudad: Buenos Aires, Argentina  
Año del evento: 2012  
Anales/Proceedings: Libro de Resúmenes

Página inicial: 54  
Página final: 54  
Publicación arbitrada  
Palabras clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie  
Rehabilitación física  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / elasticidad muscular y métodos de medida  
Medio de divulgación: CD-Rom  
<http://www.samfyr.org.ar/congreso2012>

**Modelación mecánica de la patada humana en natación y su comparación con el nado de peces (2012)**

F. LIBRÁN , GRINSPAN, G.A. , I. BOVE  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: Foro de Presentación e Intercambio de Experiencias de Investigación Estudiantil  
Ciudad: Montevideo  
Año del evento: 2012  
Anales/Proceedings: Proyectos de investigación estudiantil 2010  
Página inicial: 58  
Página final: 58  
ISSN/ISBN: 9789974008373  
Editorial: Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC-UdelaR)  
Ciudad: Montevideo  
Palabras clave: Biomecánica del nado por ondulación Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva  
Medio de divulgación: CD-Rom  
<http://www.csic.edu.uy/paie>

**Valoración remota de elasticidad muscular mediante un método elastográfico de baja frecuencia (2012)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Nacional  
Descripción: XIII Reunión de la Sociedad Uruguaya de Física 2012  
Ciudad: Maldonado, Uruguay  
Año del evento: 2012  
Anales/Proceedings: Libro de Resúmenes  
Página inicial: 9  
Página final: 10  
Palabras clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Medio de divulgación: Papel  
<http://s-u-f.blogspot.com/p/xiii-reunion.html>

**In vivo Assessment of Muscle Mechanical Properties Using a Low-cost Surface Wave Method (2012)**

BENECH, N. , AGUIAR, S. , GRINSPAN, G.A. , BRUM, J. , NEGREIRA, C.  
Publicado  
Resumen  
Evento: Internacional  
Descripción: 2012 International Ultrasonics Symposium  
Ciudad: Dresden, Alemania  
Año del evento: 2012  
Publicación arbitrada  
Palabras clave: Músculo esquelético Ondas de superficie Elasticidad

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Medio de divulgación: Internet

<https://ius2012.ifw-dresden.de/>

**Elastografía ultrasonora en músculo esquelético y sus potenciales aplicaciones en estudios biomecánicos. (2011)**

AGUIAR, S. , GRINSPAN, G.A. , BENECH, N. , R.E. BLANCO , NEGREIRA, C.

Publicado

Resumen

Evento: Internacional

Descripción: Pan American Health Care Exchanges

Ciudad: Rio de Janeiro, Brasil

Año del evento: 2011

Publicación arbitrada

Palabras clave: Biomecánica Elastografía ultrasonora Módulo de Young

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Papel

<http://www.pahce.org/>

**Modelación mecánica de la patada humana en natación y su comparación con el nado de peces (2011)**

BOVE, I. , LIBRÁN, F. , GRINSPAN, G.A.

Publicado

Resumen

Evento: Regional

Descripción: II Reunión Conjunta SUF-AFA (Sociedad Uruguaya de Física-Asociación Física Argentina).

Ciudad: Montevideo, Uruguay

Año del evento: 2011

Anales/Proceedings: Libro de resúmenes

Página inicial: 56

Página final: 56

Publicación arbitrada

Palabras clave: Biomecánica del nado por ondulación Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Medio de divulgación: Papel

<http://suf-afa.fisica.org.ar>

En el marco del evento también se desarrolló la XII Reunión de la SUF y la 96ª Reunión de la AFA.

**Respuesta elástica del músculo esquelético a la fatiga y la carga: puesta a punto de un método de medición in vivo (2011)**

GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , BENECH, N.

Publicado

Completo

Evento: Internacional

Descripción: 2º Taller de Órganos Artificiales, Biomateriales e Ingeniería de Tejidos

Ciudad: Mar del Plata, Argentina

Año del evento: 2011

Anales/Proceedings: Programa libro de resúmenes

ISSN/ISBN: 9789872730109

Publicación arbitrada

Editorial: Sociedad Argentina de Bioingeniería

Ciudad: Buenos Aires

Palabras clave: Biomecánica Módulo de Young Elastografía transitoria

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: CD-Rom

<http://www.sabi2011.fi.mdp.edu.ar/proceedings/OBI/Pdf/O-10.pdf>

El evento se llevó a cabo conjuntamente con el XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería y las VII Jornadas de Ingeniería Clínica. El trabajo completo de esta ponencia fue publicado en un CD-Rom (n° de trabajo O-10), mientras que un resumen de la misma figura en la pág. 45 del "Libro de Resúmenes".

**South American giant short-faced bear diet: evidence from pathology, morphology and biomechanics. (2010)**

GRINSPAN, G.A. , L.H. SOIBELZON , W.G. ACOSTA , R.E. BLANCO , W.W. JONES

Publicado

Resumen

Evento: Internacional

Descripción: 9th International Congress of Vertebrate Morphology

Ciudad: Punta del Este, Uruguay

Año del evento: 2010

Publicación arbitrada

Palabras clave: Fuerza de mordida Ursidos Patologías dentales Morfología

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente /

Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Medio de divulgación: CD-Rom

<http://icvm-9.edu.uy/>

Trabajo realizado con material provisto por los siguientes museos: Museo Nacional de Historia Natural (MNHN); Museo de la Plata (MLP); Museo Argentino de Ciencias Naturales (MACN).

**Elastografía ultrasonora en músculo esquelético y sus potenciales aplicaciones en estudios biomecánicos. (2010)**

AGUIAR, S. , GRINSPAN, G.A. , BENECH, N. , R.E. BLANCO , NEGREIRA, C.

Publicado

Resumen

Evento: Internacional

Descripción: 6° Congreso Latinoamericano de Órganos Artificiales y Biomateriales (COLAOB)

Ciudad: Gramado, RS, Brasil

Año del evento: 2010

Anales/Proceedings: Programacao e Resumos

Página inicial: 193

Página final: 193

Publicación arbitrada

Palabras clave: Biomecánica Elastografía ultrasonora Módulo de Young

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Medio de divulgación: Papel

<http://www6.ufrgs.br/colaob2010/es.html>

Trabajo premiado como "Mejor presentación en formato póster"

**In vivo time-reversal elastography: Biomechanical measurements in human biceps (2009)**

BENECH, N. , GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , NEGREIRA, C. , R.E. BLANCO

Publicado

Resumen

Evento: Internacional

Descripción: International Congress of Ultrasound

Ciudad: Santiago de Chile

Año del evento: 2009

Anales/Proceedings: book of abstracts: 183 , 183

Publicación arbitrada

Editorial: Universidad de Santiago de Chile

Palabras clave: Biomecánica Elastografía Retorno temporal

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Internet

<http://fisica.usach.cl/~icu2009/pdfs/Abstract%20ICU2009.pdf>

**Estudio de la fuerza de mordida en tres especies de borhiénidos (Mammalia, Borhyaenoidea), santacruceses y sus implicancias paleobiológicas (2008)**

GRINSPAN, G.A., W.W. JONES, R.E. BLANCO

Publicado

Resumen

Evento: Internacional

Descripción: III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados

Ciudad: Neuquén, Argentina

Año del evento: 2008

Anales/Proceedings: Libro de Resúmenes de III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados (Neuquén 2008)

Página inicial: 119

Página final: 119

Publicación arbitrada

Palabras clave: Fuerza de mordida Marsupiales santacruceses

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Medio de divulgación: Papel

<http://www.proyectodino.com.ar/3clpv.html>

Trabajo realizado con el aporte de material provisto por el Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)...

**TEXTOS EN PERIÓDICOS O REVISTAS**

**Equipo y método para determinar la elasticidad de sólidos blandos (2019)**

Boletín de la propiedad industrial (DNPI-MIEM) v: 235, 355,

Periodicos

N. BENECH, GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S., NEGREIRA, C.

ISSN/ISBN:23011777

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Elasticidad Sólidos Blandos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Papel

Fecha de publicación: 30/04/2019

Lugar de publicación: Uruguay

Texto de la patente de invención nacional presentada ante la Dirección Nacional de Propiedad Industrial del Ministerio de Industria, Energía y Minería. Este patente comprende mejoras sustanciales respecto a versiones previas de la elastografía por ondas de superficie, las cuales se describen en el cuerpo del documento, conjuntamente con las características del método, arte previo, reivindicaciones de la patente y ejemplos de aplicación.

**Método y equipo para la medida no invasiva de elasticidad en sólidos blandos mediante ondas de superficie (2016)**

Boletín de la propiedad industrial (DNPI-MIEM) v: 205, 244,

Periodicos

BENECH, N., GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S., NEGREIRA, C., PIRIZ, R.

ISSN/ISBN:23011777

Palabras clave: Módulo de Young Elastografía por ondas de superficie Tejidos biológicos blandos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Medio de divulgación: Papel

Fecha de publicación: 31/10/2016

Lugar de publicación: Uruguay

Texto de la patente de invención nacional presentada ante la Dirección Nacional de Propiedad Industrial del Ministerio de Industria, Energía y Minería (ver en Producción técnica-productos). En el cuerpo del documento se describen detalladamente las características del método de elastografía por ondas de superficie desarrollado, el arte previo en cuestión, las reivindicaciones de

la patente, así como una serie de ejemplos concretos que dan cuenta de las aplicaciones de la invención.

## Producción técnica

### PRODUCTOS

#### **Device and method for determining the elasticity of soft-solids (2018)** Trabajo relevante

Prototipo, Equipo

BENECH, N. , GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , Negreira, C.A.

Equipo portátil de elastografía por ondas de superficie para la medida no invasiva de la elasticidad en sólidos blandos (ej. tejidos biológicos blandos), cuyas estimaciones son independientes de los efectos de difracción, ondas guiadas y campo cercano

País: Uruguay

Producto con aplicación productiva o social: La solicitud de patente fue licenciada a la empresa ITP S.R.L., para el desarrollo de una versión comercial del prototipo para uso en la industria cárnica. Asimismo, está también abierta a la concesión de licencias para su aplicación en otras áreas afines  
Patente o Registro:

Patente de invención

PCT/BR2018/050395 (Brasil-PCT), Device and method for determining the elasticity of soft-solids

Depósito: 30/10/2018; Examen: ; Concesión: 18/07/2023

Patente nacional: SI

Patente de invención

US 11,561,201 B2 (Estados Unidos), Device and method for determining the elasticity of soft-solids

Depósito: 30/10/2018; Examen: ; Concesión: 24/01/2023

Patente nacional: SI

Patente de invención

AR113330B1 (Argentina), Método para determinar la elasticidad de sólidos blandos

Depósito: 26/10/2018; Examen: ; Concesión: 30/04/2024

Patente nacional: SI

Patente de invención

AU 2018359026 B2 (Australia), Device and method for determining the elasticity of soft-solids

Depósito: 22/10/2019; Examen: ; Concesión: 26/07/2024

Patente nacional: SI

Patente de invención

UY37953A, Equipo y método para determinar la elasticidad de sólidos blandos

Depósito: 30/10/2018; Examen: ; Concesión: 09/01/2025

Patente nacional: SI

Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie no ultrasonora Sólidos blandos Elasticidad

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

-----  
La presente patente de invención ha sido concedida recientemente en Uruguay, Argentina, Australia, Brasil y Estados Unidos, estas tres últimas en el marco del tratado PCT. Además, se encuentra en fase nacional de examinación en otros territorios suscritos a dicho tratado (Nueva Zelanda y Europa). Por su parte, también se ha solicitado la respectiva patente en otros países no suscritos al PCT, como Paraguay (DINAPI, 30 de octubre de 2018, N° de registro: 1895728 (DNPI, 30 de octubre de 2018, N° de registro: 37953).

#### **Método y equipo para la medida no invasiva de elasticidad en sólidos blandos mediante ondas de superficie (2015)** Trabajo relevante

Prototipo, Equipo

BENECH, N. , GRINSPAN, G.A. , AGUIAR, S. , NEGREIRA, C. , PIRIZ, R.

Desarrollo de un equipo portátil a base de elastografía por ondas de superficie para la medida no invasiva de la elasticidad en sólidos blandos (ej. tejidos biológicos blandos).

País: Uruguay

Producto con aplicación productiva o social: Medición de la elasticidad muscular in vivo (aplicaciones a la biomecánica muscular); medición de elasticidad en cortes de carne bovina para la

caracterización de su grado de ternura así como del proceso de maduración enzimática.  
Institución financiadora: Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC-UdelaR)  
Patente o Registro:

Patente de invención  
36047, Método y equipo para la medida no invasiva de elasticidad en sólidos blandos mediante ondas de superficie  
Depósito: 27/03/2015; Examen: ; Concesión:  
Patente nacional: SI  
Palabras clave: Elastografía por ondas de superficie Tejidos biológicos blandos Elasticidad  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

## OTRAS PRODUCCIONES

### PROGRAMAS EN RADIO O TV

#### **Parábola Perfecta (2018)**

BLANCO, R.E. , DEFRANCO, F. , GRINSPAN, G.A. , GARAY, F.  
Mesa redonda  
País: Uruguay  
Idioma: Español  
Emisora: Radio Uruguay 1050 AM (SODRE)  
Tema: Ciencia y fútbol  
Palabras clave: Fútbol Ciencia Divulgación científica  
Información adicional: Columna Radial de divulgación científica sobre fútbol y ciencia. Se realizó conjuntamente con el equipo de comunicadores del programa Deportivo Uruguay (Radio Uruguay - SODRE), en el marco del Mundial de Rusia 2018.

#### **La Parábola Perfecta (2014)**

GRINSPAN, G.A. , BLANCO, R.E. , JONES, W.W. , DEFRANCO, F. , PUJOL, P. , MARTÍNEZ, E. , ALDECOA, J.  
Otro  
País: Uruguay  
Idioma: Español  
Emisora: Radio Uruguay 1050 AM (SODRE)  
Tema: Fútbol y ciencia - Columna radial de divulgación científica  
Duración: 40 minutos  
Ciudad: Montevideo  
Palabras clave: Fútbol Ciencia Divulgación Científica  
Información adicional: Columna Radial de divulgación científica sobre fútbol y ciencia. Se realizó conjuntamente con el equipo de comunicadores del programa Deportivo Uruguay (Radio Uruguay - SODRE), en el marco de un proyecto de Popularización de la Ciencia y la Tecnología financiado por ANII en 2014 (ver en Proyectos: "Fútbol y ciencia: un espacio radial" (2014)).

## Evaluaciones

### EVALUACIÓN DE PROYECTOS

#### COMITÉ EVALUACIÓN DE PROYECTOS

##### **Comisión de Admisión y Seguimiento (CAS) (2025)**

Sector Educación Superior/Público / Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas / Área Biología (PEDECIBA) , Uruguay  
Cantidad: Menos de 5

Tipo de proyecto: tesis de doctorado. Año de inicio: 2025. Título de la tesis: CENEPSIA: Focalización de energía ultrasonora en volúmenes delimitados de fantasmas y tejido cerebral aplicada externamente para inhibir focos epilépticos. Estudiante: Natalia Garay Badenian  
Integrantes de la CAS: Patricia Braga, Federico Davoine, Gustavo Grinspan

#### EVALUACIÓN INDEPENDIENTE DE PROYECTOS

**Proyectos de Iniciación a la Investigación (2023 / 2023)**

Uruguay

Comisión de Investigación Científica (CSIC-UdelaR)

Cantidad: Menos de 5

Evaluación en calidad de especialista, a solicitud del Comité Evaluador del llamado a Proyectos de Iniciación a la Investigación de la CSIC-UdelaR (año 2023).

**EVALUACIÓN DE PUBLICACIONES****REVISIONES****The Open Sports Sciences Journal (2022)**

Tipo de publicación: Revista

Cantidad: Menos de 5

**EVALUACIÓN DE EVENTOS Y CONGRESOS****1er Congreso Internacional en Deporte y Entrenamiento para la Salud y el Rendimiento (2025)**

Comité programa congreso

Uruguay

Arbitrado

Instituto Superior de Educación Física (UdelaR), Facultad de Ciencias (UdelaR), Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC, UdelaR), PEDECIBA, Comité Olímpico Uruguayo  
Integrantes del Comité Organizador: Bruno Escajal, Andrés González, Gustavo Grinspan, Carol Torres, Alejandro Trejo.

**1er Congreso Internacional en Deporte y Entrenamiento para la Salud y el Rendimiento (2025)**

Revisiones

Uruguay

Instituto Superior de Educación Física (UdelaR), Facultad de Ciencias (UdelaR), Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC, UdelaR), PEDECIBA, Comité Olímpico Uruguayo  
Integrante del Comité Académico. Evaluación de 5 trabajos presentados para presentación en el Congreso.

**18th International Symposium of 3D Analysis of Human Movement (3DAHM 2024) (2024)**

Revisiones

Uruguay

Universidad de la República, PEDECIBA, Vicon, Motion Analysis

Integrante del Comité Científico. Evaluación de 4 trabajos presentados para presentación en el Congreso.

**JURADO DE TESIS****Licenciatura en Biología Humana (2024)**

Jurado de mesa de evaluación de tesis

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Facultad de Ciencias, Uruguay

Nivel de formación: Grado

Título de la tesis: Caracterización de las propiedades morfológicas, mecánicas y funcionales de la musculatura flexo-extensora de rodilla: un análisis comparativo entre adultos mayores, adultos y adultos jóvenes  
Nombre del estudiante: Andrés Parodi Feyer Tribunal: Carlos Magallanes, Darío Santos, Gustavo Grinspan

**Licenciatura en Ingeniería Biológica (2023)**

Jurado de mesa de evaluación de tesis

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Facultad de Ingeniería, Uruguay

Nivel de formación: Grado

Título de la tesis: Estimación de error en sistema de captura de movimiento utilizando Unidades de Medición Inercial  
Nombre del estudiante: Vanessa Yelós Tellagorry Tribunal: Juan Cardelino, Gustavo Grinspan, Mariana Gómez

## Formación de RRHH

### TUTORÍAS CONCLUIDAS

#### GRADO

##### **Seminario Tesina de la Licenciatura de Educación Física**

Tesis/Monografía de grado

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Instituto Superior de Educación Física, Uruguay

Programa: Licenciatura en Educación Física

Nombre del orientado: 14 estudiantes (3 tesis)

País: Uruguay

Palabras Clave: Biomecánica Estadística Análisis deportivo

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Asesoría en el Seminario Tesina, materia de investigación para 14 alumnos de cuarto año de la Licenciatura en Educación Física (ISEF-UdelaR), que conllevó la orientación de tres proyectos de investigación sobre temáticas diversas de biomecánica aplicada al deporte, así como la elaboración de una tesina final cuya aprobación implicó la obtención del título de grado por parte de los estudiantes orientados. Dichas tesinas fueron orientadas conjuntamente con los Dres. Washington Jones (tutor principal) y R. Ernesto Blanco (cotutor). La asesoría consistió fundamentalmente en el dictado de diversas clases, asesoría ante dudas puntuales, colaboración en lo referente a la tramitación del aval ante el Comité de Ética (Facultad de Medicina) para cada uno de los trabajos orientados, así como la orientación respecto al manejo de software para el análisis de videos deportivos. A continuación se listan los diferentes trabajos orientados así como los respectivos estudiantes: TESINA: Análisis comparativo entre las salidas del cubo Grab y Track para jóvenes de 14 a 16 años; ESTUDIANTES: Noelia Laport, Maurizio Adinolfi, Maximiliano Carmona, Mariana Gómez, Camilo Rivas. TESINA: Diferencias entre el golpe de revés a una y dos manos. Análisis comparativo entre tenistas amateurs; ESTUDIANTES: Ismael Rodríguez, Camila Torres Peñaflo, Camila Torres Rossini, Martina Pérez. TESINA: Análisis de la incidencia de los distintos terrenos de juego en la precisión del pase a nivel del suelo en fútbol; ESTUDIANTES: Luciano Scévola, Nahuel Armand Pilón, Horacio Colombana, Rodrigo Suárez, Emiliano Machado.

##### **Seminario Tesina de la Licenciatura de Educación Física**

Tesis/Monografía de grado

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Instituto Superior de Educación Física, Uruguay

Programa: Licenciatura en Educación Física

Nombre del orientado: 25 alumnos (5 tesis)

País: Uruguay

Palabras Clave: Biomecánica Estadística Análisis deportivo

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Estudios estadísticos en deporte

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Asesoría en el Seminario Tesina, materia de investigación para 25 alumnos de cuarto año de la Licenciatura en Educación Física (ISEF-UdelaR), que conllevó la orientación de cinco proyectos de investigación sobre temáticas diversas de biomecánica aplicada al deporte, así como la elaboración de una tesina final cuya aprobación implicó la obtención del título de grado por parte de los estudiantes orientados. Dichas tesinas fueron orientadas conjuntamente con los Dres. Washington Jones (tutor principal) y R. Ernesto Blanco (cotutor). La asesoría consistió fundamentalmente en el dictado de diversas clases, asesoría ante dudas puntuales, colaboración en lo referente a la tramitación del aval ante el Comité de Ética (Facultad de Medicina) para cada uno de los trabajos orientados, así como la orientación respecto al manejo de software para el análisis de videos deportivos. A continuación se listan los diferentes trabajos orientados así como los respectivos estudiantes: TESINA: Estudio del high leg kick o patada alta; ESTUDIANTES: Sofía Cámara, Andrea Dibarboure, Cristina Herrera, Carolina Sartore. TESINA: La repetitividad del movimiento del brazo asociada a la efectividad en el lanzamiento del handball desde el punto penal; ESTUDIANTES: Emiliano De Souza, María Dupont, Leandro García, Magdalena Gutiérrez, Rodrigo Olalde. TESINA: Relación entre el rango de amplitud articular en miembros inferiores y su influencia en la capacidad de salto en futbolistas adolescentes; ESTUDIANTES: Matías De Pablo, Nicolás Dell'Aqua, Diego

Estavillo, Gabriel Farcilli, Martín Irrigaray, Adrián Magallanes. TESINA: Análisis comparativo entre diferentes niveles de alumnos de la escuela samurái de aikido (Montevideo Uruguay) de la técnica Kokyu Nague con el ataque menuchi; ESTUDIANTES: Mario Costa, Mathias Facal, Luciana Gómez, Minás Nalbandián. TESINA: Estudio sobre el desarrollo de la lateralidad en fútbol. Análisis comparativo entre jugadores profesionales y no profesionales en la conducción del balón; ESTUDIANTES: Daniel Badanián, Juan Brignardello, Alex Farto, Diego Ligrone, Matías Palaus, Darío Spósito.

## TUTORÍAS EN MARCHA

### POSGRADO

#### **Análisis dinámico de la sinergia muscular agonista-antagonista a nivel de la rodilla mediante elastografía y dinamometría funcional en la sentadilla (2024)**

Tesis de maestría

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Facultad de Ciencias / Laboratorio de Acústica Ultrasonora, Instituto de Física , Uruguay

Programa: Maestría en Ciencias Biológicas - Biofísica

Tipo de orientación: Cotutor

Nombre del orientado: Cristian Da Silva

País/Idioma: Uruguay,

Palabras Clave: Elastografía por Ondas de Superficie Elasticidad muscular Sentadilla Músculos agonistas y antagonistas

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Tutor: Dr. Nicolás Benech. Co-tutor: Dr. Darío Santos

#### **Valoración de propiedades funcionales y mecánicas de los isquiotibiales y cuádriceps mediante el curl nórdico y nórdico reverso en futbolistas juveniles de élite (2023)**

Tesis de doctorado

Sector Educación Superior/Público / Universidad de la República / Facultad de Ciencias / Laboratorio de Acústica Ultrasonora, Instituto de Física , Uruguay

Programa: PROINBIO

Tipo de orientación: Cotutor

Nombre del orientado: Adrián Magallanes

País/Idioma: Uruguay,

Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Elasticidad muscular Cuádriceps Isquiotibiales Curl nórdico

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Tutor: Dr. Nicolás Benech.

## Otros datos relevantes

### PREMIOS, HONORES Y TÍTULOS

#### **Trabajo ganador - Student paper competition, IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

(Internacional)

IEEE UFFC

Premio por el trabajo titulado "An elastography-Driven Biomechanical Model for Individual Muscle Force Estimation "

#### **Integrante del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). (2023)**

(Nacional)

Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII)

#### **Beca de posgrado (Doctorado) (2020)**

(Nacional)

Comisión Académica de Posgrado (CAP-UdelaR)

Beca otorgada por la CAP-UdelaR, para la realización del Doctorado en Ciencias Biológicas (PEDECIBA-Biología, subárea Biofísica).

**Mención especial (2019)**

(Nacional)  
PEDECIBA  
Mención especial otorgada por la realización de la tesis de Maestría

**Beca de posgrado (Maestría) (2015)**

(Nacional)  
Comisión Académica de Posgrado (CAP-UdelaR)  
Beca otorgada por la (CAP-UdelaR para la realización de la Maestría en Ciencias Biológicas (PEDECIBA-Biología, subárea Biofísica).

**Mención Especial (2012)**

(Nacional)  
CSIC-UdelaR  
Reconocimiento al trabajo realizado en el marco del proyecto titulado "Modelación mecánica de la patada humana en natación y comparación con el nado de peces".

**Beca de Iniciación en la Investigación (2011)**

(Nacional)  
Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII)  
Beca obtenida mediante concurso de oposición y méritos

**Mejor presentación en formato póster del 6° COLAOB (2010)**

(Internacional)  
Sociedad Latinoamericana de Biomateriales, Ingeniería de Tejidos y Órganos Artificiales (SLABO)  
Premio al mejor trabajo presentado en versión poster, por el trabajo titulado "Elastografía ultrasonora en músculo esquelético y sus potenciales aplicaciones en estudios biomecánicos", expuesto en el 6° Congreso Latinoamericano de Órganos Artificiales y Biomateriales (COLAOB).

**PRESENTACIONES EN EVENTOS****2024 International Symposium on 3D Analysis of Human Movement (3DAHM) (2024)**

Congreso  
Rectus Femoris Shear Elasticity Varies with Flexio-Extension of Hip and Knee During Gait  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: International Society of Biomechanics (ISB) - Technical Group on the 3-D Analysis of Human Movement  
Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Elsstografía por ondas de superficie Shear elasticity Rectus femoris Elasticidad muscular dinámica Marcha  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

Simposio  
An elastography-Driven Biomechanical Model for Individual Muscle Force Estimation  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: IEEE UFFC  
Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Elastografía Biomecánica Fuerzas musculares Músculo esquelético  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Este trabajo recibió el premio de trabajo ganador de la "Student paper competition."

**IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

Simposio  
Comparison of Elasticity Measurements in Lower Limb Muscles Using SSI and Surface Waves  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: IEEE UFFC

Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Elasticidad muscular Supersonic Shear Imaging Surface Wave Elastography

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

#### **IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

Simposio

Assessing the Contractile Dynamics of Synergistic Muscles Through a Molecular Approach and elastography

Uruguay

Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: IEEE UFFC

Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Ligand-binding dynamics Muscle elasticity Load sharing Muscle synergism Acousto-elasticity

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

Simposio

Depth Dependence of Strength in Elbow Flexor Muscles

Uruguay

Tipo de participación: Otros

Nombre de la institución promotora: IEEE UFFC

Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Elastografía Músculo esquelético

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Participación como coautor del trabajo. El mismo fue presentado oralmente por Nicolás Benech.

#### **IEEE UFFC Latin America Ultrasonics Symposium (2024)**

Simposio

Estimating Nonlinear Parameters for Achilles Tendon Assessment Using Timoshenko Beam Model and Supersonic Shearwave Imaging

Uruguay

Tipo de participación: Otros

Nombre de la institución promotora: IEEE UFFC

Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Elastografía Tendón de aquiles Parámetros no lineales

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

#### **XXIX Congreso Brasileiro de Ingeniería Biomédica (2024)**

Congreso

Temporal dependence of the mechanical and electrical properties of skeletal muscle assessed through surface wave elastography and high-density electromyography

Brasil

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Sociedad Brasileira de Ingeniería Biomédica (SBEB)

Alcance geográfico: Regional Palabras Clave: Temporal dependence Skeletal muscle Shear elasticity

Electromyographic activity Non-ultrasound surface wave elastography

Areas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **XX Encuentro Nacional y XV Encuentro Internacional de Investigadores en Educación Física (2024)**

Congreso

Efectos de la velocidad de contracción sobre la sinergia muscular evaluados mediante elastografía por ondas de superficie

Uruguay

Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: Instituto Superior de Educación Física (ISEF)  
Alcance geográfico: Nacional Palabras Clave: Músculo esquelético Velocidad de contracción  
Sinergismo Elastografía por ondas de superficie  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **28th Annual Congress of the European College of Sports Sciences (2023)**

Congreso  
Characterizing the ligand-binding behavior behind muscle synergism by elastography  
Francia  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: European College of Sports Sciences  
Alcance geográfico: Internacional Palabras Clave: Skeletal muscle Shear elastic modulus Cross-bridges Ligand-binding dynamics Load sharing  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **XX Congreso Brasileiro de Biomecánica (2023)**

Congreso  
Simultaneous high-frequency measurement of shear elasticity in synergistic muscles using surface wave elastography  
Brasil  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: Galoa  
Alcance geográfico: Nacional Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Medidas simultáneas Alta frecuencia de muestreo Reparto de carga Dependencia temporal  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **III Congreso Nacional de Biociencias & II Jornadas Binacionales Argentina-Uruguay (2022)**

Congreso  
Modelo para estimación de fuerzas musculares basado en elastografía  
Uruguay  
Tipo de participación: Poster  
Nombre de la institución promotora: Sociedad Uruguaya de Biociencias Palabras Clave: Elasticidad músculo esquelético contracción isométrica torque articular fuerza muscular.  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **IX Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica & XXVIII Congreso Brasileño de Ingeniería Biomédica (CLAIB&CBEB) (2022)**

Congreso  
A possible molecular basis of the change in load sharing between synergistic muscles characterized by elastography  
Brasil  
Tipo de participación: Poster  
Nombre de la institución promotora: Conselho Regional de Engenharia Biomédica da América Latina (CORAL) / Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB) Palabras Clave: Elastography Shear elasticity Skeletal muscle Cross-bridges Binding dynamics  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **XIX Encuentro Nacional y XIV Encuentro Internacional de Investigadores en Educación Física (2022)**

Encuentro  
Caracterización elástica de músculos frecuentemente lesionados en el fútbol: protocolización y validación con elastografía  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: Instituto Superior de Educación Física (ISEF-UdelaR) Palabras Clave: Elastografía Músculo esquelético Medicina deportiva  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**XVIII Encuentro Nacional y XIII Encuentro Internacional de Investigadores en Educación Física (2020)**

Congreso  
Impacto del sitio de registro de actividad física mediante acelerometría triaxial (muñeca vs. cintura) en la capacidad predictiva del estado hemodinámico, estructural y funcional arterial  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: Instituto Superior de Educación Física (ISEF-UdelaR) Palabras Clave: Acelerometría Estado arterial Actividad física  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Médicas y de la Salud / Ciencias de la Salud / Ciencias del Deporte / Fisiología del ejercicio

**XVIII Encuentro Nacional y XIII Encuentro Internacional de Investigadores en Educación Física (2020)**

Congreso  
Elastografía por ondas de superficie: un nuevo método con potencial aplicación para la evaluación muscular deportiva  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Nombre de la institución promotora: Instituto Superior de Educación Física (ISEF-UdelaR) Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Músculo esquelético Módulo elástico de corte Torque articular Actividad EMG  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**II Congreso Nacional de Biociencias (2019)**

Congreso  
Elastografía de baja frecuencia en músculo esquelético: relación con el torque articular y la actividad mioeléctrica  
Uruguay  
Tipo de participación: Poster  
Nombre de la institución promotora: Sociedad Uruguaya de Biociencias Palabras Clave: Elasticidad muscular Torque articular Actividad mioeléctrica Elastografía por ondas de superficie  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

**Ingeniería de Muestra (2017)**

Otra  
Estimación de fuerzas musculares mediante elastografía por ondas de superficie  
Uruguay  
Tipo de participación: Poster  
Nombre de la institución promotora: Facultad de Ingeniería Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Músculo esquelético Fuerzas musculares individuales  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Autores: SIMOES, C., PEQUERA, G., BIANCARDI, C., GRINSPAN, G.

**Ingeniería de Muestra (2017)**

Otra  
Medida de Elasticidad en Sólidos Blandos  
Uruguay  
Tipo de participación: Poster  
Nombre de la institución promotora: Facultad de Ingeniería (UdelaR) Palabras Clave: Elastografía por Ondas de Superficie Monitoreo de maduración enzimática Carne vacuna  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
Autores: BENECH, N., GRINSPAN, G.A., AGUIAR, S.

**XXI Congreso Argentino de Bioingeniería y IX Jornadas de Ingeniería Clínica (2015)**

Congreso  
Optimización de un método de elastografía por ondas de superficie mediante la caracterización de efectos de difracción y ondas guiadas  
Argentina  
Tipo de participación: Expositor oral  
Carga horaria: 1  
Nombre de la institución promotora: Sociedad Argentina de Bioingeniería (SABI) Palabras Clave: Elastografía por ondas de superficie Efecto de difracción Ondas guiadas Optimización  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **Latin American Crosstalk in Biophysics and Physiology (2015)**

Congreso  
Advances in the surface wave elastography method for the in vivo estimation of muscle elasticity  
Uruguay  
Tipo de participación: Poster  
Carga horaria: 1  
Nombre de la institución promotora: Sociedad Argentina de Biofísica y Seccional Biofísica de la Sociedad Uruguaya de Biociencias Palabras Clave: Elasticidad muscular Elastografía por ondas de superficie Ondas guiadas Optimización Difracción  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **1º Workshop de Biomecánica e Instrumentación (2014)**

Taller  
Aplicaciones biomecánicas a situaciones deportivas: experiencias de docencia e investigación en el ISEF  
Uruguay  
Tipo de participación: Expositor oral  
Carga horaria: 15  
Nombre de la institución promotora: Universidad Católica del Uruguay Palabras Clave: Biomecánica Análisis deportivo  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

#### **III Jornadas en Biología Humana, Investigación y Extensión (2014)**

Congreso  
Biomecánica, evolución humana y el origen de la música  
Uruguay  
Tipo de participación: Otros  
Carga horaria: 1  
Nombre de la institución promotora: Licenciatura en Biología Humana (UdelaR) Palabras Clave: Física y biología de la música Aspectos evolutivos y socioculturales  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biología y Biología de la Evolución / Biología de la Música  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Física de la Música  
Realización de conferencia de divulgación científica conjuntamente con el Dr. Ernesto Blanco.

#### **ConCiencia3 (2013)**

Otra  
Muestra itinerante de divulgación científica sobre proyectos de investigación y desarrollo llevados a cabo en Uruguay - Trabajo presentado: "Estimación de Elasticidad Muscular"  
Uruguay  
Tipo de participación: Otros  
Nombre de la institución promotora: Asociación Civil Ciencia Viva Palabras Clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie  
Áreas de conocimiento:  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica  
Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía  
La participación en esta muestra implicó la confección de un póster explicativo sobre la investigación desarrollada, así como la elaboración de un prototipo de medida para la realización de experiencias interactivas durante la muestra.

**Latitud Ciencias (2013)**

Otra

Muestra anual de la Facultad de Ciencias: Trabajo presentado: "Estimación de Elasticidad Muscular"

Uruguay

Tipo de participación: Otros

Nombre de la institución promotora: Facultad de Ciencias, UdelaR Palabras Clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

La participación en esta muestra implicó la confección de un póster explicativo sobre la investigación desarrollada, así como la elaboración de un prototipo de medida para la realización de experiencias interactivas durante la muestra.

**2° Congreso Interdisciplinario de Nanotecnología y Biomateriales (2013)**

Congreso

Elastografía por Ondas de Superficie en Sólidos Blandos

Uruguay

Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: Asociación Odontológica Uruguaya Palabras Clave:

Elastografía por ondas de superficie Tejidos biológicos blandos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / Caracterización elástica de sólidos blandos

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**Foro de Presentación e Intercambio de Experiencias de Investigación Estudiantil (2012)**

Encuentro

Modelación mecánica de la patada humana en natación y su comparación con el nado de peces

Uruguay

Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: CSIC Palabras Clave: Biomecánica del nado por ondulación

Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido

Trabajo premiado con "Mención especial"

**Actividades de extensión del IFD de Carmelo (2012)**

Otra

Física y biología de la música

Uruguay

Tipo de participación: Otros

Nombre de la institución promotora: Instituto de Formación Docente de Carmelo (IFD) Palabras Clave: Física Biología Música Evolución

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biología y Biología de la Evolución / Biología de la Música

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Física de la Música

**XXI Congreso Argentino de Medicina Física y Rehabilitación y XV Jornadas del Cono Sur (2012)**

Congreso

Elastografía por ondas de superficie: proposición de un nuevo método de bajo costo para la medida no invasiva del tono muscular

Argentina

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Sociedad Argentina de Medicina Física y Rehabilitación

(SAMFYR) Palabras Clave: Módulo de Young Elastografía Músculo esquelético Rehabilitación física

Áreas de conocimiento:

Ciencias Médicas y de la Salud / Biotecnología de la Salud / Biomateriales / elasticidad muscular y métodos de medida

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**XIII Reunión Sociedad Uruguaya de Física (2012)**

Congreso

Valoración remota de elasticidad muscular mediante un método elastográfico de baja frecuencia

Uruguay

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Sociedad Uruguaya de Física (SUF) Palabras Clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**2012 IEEE International Ultrasonics Symposium (2012)**

Congreso

In vivo Assessment of Muscle Mechanical Properties Using a Low-cost Surface Wave Method

Alemania

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: IEEE Palabras Clave: Módulo de Young Músculo esquelético Elastografía por ondas de superficie

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**Pan American Health Care Exchanges (2011)**

Congreso

Elastografía ultrasonora en músculo esquelético y sus potenciales aplicaciones en estudios biomecánicos.

Brasil

Tipo de participación: Poster Palabras Clave: Biomecánica Elastografía transitoria

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

**II Reunión Conjunta SUF-AFA (Sociedad Uruguaya de Física-Asociación Física Argentina). (2011)**

Congreso

Modelación mecánica de la patada humana en natación y su comparación con el nado de peces

Uruguay

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Sociedad Uruguaya de Física (SUF). Asociación Física Argentina (AFA) Palabras Clave: Biomecánica del nado por ondulación Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido

En el marco del evento también se desarrolló la XII Reunión de la SUF y la 96ª Reunión de la AFA.

**Ingeniería de Muestra (2011)**

Otra

Modelación mecánica de la patada humana en natación y su comparación con el nado de peces.

Uruguay

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Facultad de Ingeniería, UdelaR Palabras Clave: Biomecánica del nado por ondulación Patada delfín y crol Peces carangiformes Cetáceos

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica deportiva

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Física de los Fluidos y Plasma / Interacción rígido-fluido

**2º Taller de Órganos Artificiales, Biomateriales e Ingeniería de Tejidos (2011)**

Taller

Respuesta elástica del músculo esquelético a la fatiga y la carga: puesta a punto de un método de medición in vivo

Argentina

Tipo de participación: Expositor oral

Nombre de la institución promotora: Sociedad Latinoamericana de Biomateriales, Ingeniería de Tejidos y Órganos Artificiales (SLABO). Universidad Nacional de Mar del Plata. Palabras Clave: Biomecánica Módulo de Young Elastografía transitoria

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

El evento se llevó a cabo conjuntamente con el XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería y las VII Jornadas de Ingeniería Clínica.

#### **9th International Congress of Vertebrate Morphology (2010)**

Congreso

South American giant short-faced bear diet: evidence from pathology, morphology and biomechanics

Uruguay

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: International Society of Vertebrate Morphologists Palabras Clave: Ursidos, fuerza de mordida, patologías dentales

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

#### **6° Congreso Latinoamericano de Órganos Artificiales y Biomateriales (COLAOB) (2010)**

Congreso

Elastografía ultrasonora en músculo esquelético y sus potenciales aplicaciones en estudios biomecánicos

Brasil

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: SLABO Palabras Clave: Biomecánica Elastografía transitoria 1D

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

Trabajo premiado como "Mejor presentación en formato póster"

#### **International Congress of Ultrasound (2009)**

Congreso

In vivo time-reversal elastography: biomechanical measurements in human biceps

Chile

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Universidad de Santiago de Chile Palabras Clave: Biomecánica Elastografía Retorno temporal

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Biomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Físicas / Óptica, Acústica / Elastografía

#### **III Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados (2008)**

Congreso

Estudio de la fuerza de mordida en tres especies de Borhiénidos (Mammalia, Borhyaenoidea) santacrucenses y sus implicancias paleobiológicas.

Argentina

Tipo de participación: Poster

Nombre de la institución promotora: Universidad Nacional del Comahue-Proyecto Dino (Neuquén-Argentina) Palabras Clave: Fuerza de mordida Marsupiales santacrucenses

Áreas de conocimiento:

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias Biológicas / Biofísica / Paleobiomecánica

Ciencias Naturales y Exactas / Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente / Paleontología / Vertebrados fósiles sudamericanos

#### **CONSTRUCCIÓN INSTITUCIONAL**

He integrado grupos de investigación interdisciplinarios e interinstitucionales, tendientes promover el

desarrollo de la biomecánica en la UdelaR y su aplicación en diferentes áreas de conocimiento. También he contribuido con el desarrollo de nuevos métodos elastográficos, susceptibles de ser utilizados en estos estudios, para ampliar el espectro de aplicaciones actuales de la elastografía en biomecánica muscular y campos afines. Relacionado a lo anterior, he colaborado en la adaptación de dicho desarrollo para aplicaciones en el sector productivo (industria cárnica), lo que ha dado lugar a la transferencia de dicha tecnología desde la UdelaR hacia actores específicos de dicho sector. Por su parte, he aportado a promover la investigación en mi área de especialidad en otros servicios universitarios distintos de la Facultad de Ciencias. En tal sentido, he co-orientado la formación de RRHH en el ISEF-UdelaR, y actualmente formo parte de un equipo interdisciplinario formado por docentes del ISEF, Facultad de Medicina y Facultad de Ciencias, que está abocado a la creación del "Centro Universitario de Investigación, Innovación y Diagnóstico Arterial - Movimiento, Actividad, Salud (CUiiDARTE-MAS)" y del "Laboratorio de Evaluación Cardiovascular, Aptitud Física y Rendimiento Deportivo." En adición a todo lo anterior, gracias a la vinculación establecida con diferentes organismos nacionales (ANEP, SODRE, etc.), he aportado al desarrollo de diferentes propuestas de formación docente y divulgación científica.

## Información adicional

Socio de la Sociedad Uruguaya de Biociencias (SUB).

## Indicadores de producción

<b>ACTIVIDADES</b>	<b>54</b>
Líneas de investigación	9
Proyectos Investigación Desarrollo	13
Docencia	19
Extensión	7
Gestión Académica	5
Otra Actividad Técnica	1
<b>PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>38</b>
Artículos publicados en revistas científicas	13
Completo	13
Trabajos en eventos	22
Libros y Capítulos	1
Libro publicado	1
Textos en periódicos	2
Periodicos	2
<b>PRODUCCIÓN TÉCNICA</b>	<b>4</b>
Productos tecnológicos	2
Con registro o patente	2
Otros tipos	2
<b>EVALUACIONES</b>	<b>8</b>
Evaluación de proyectos	2
Evaluación de eventos	3
Evaluación de publicaciones	1

<b>Jurado de tesis</b>	2
	<b>4</b>
<b>FORMACIÓN RRHH</b>	
<b>Tutorías/Orientaciones/Supervisiones concluidas</b>	2
Tesis/Monografía de grado	2
<b>Tutorías/Orientaciones/Supervisiones en marcha</b>	2
Tesis de doctorado	1
Tesis de maestría	1

	<b>Expediente Nro. 008421-000026-25</b> <b>Actuación 2</b>	Oficina: UNIDAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE - CENTRO MONTEVIDEO - ISEF Fecha Recibido: 11/08/2025 Estado: Cursado
--	---	---

**TEXTO**

Se adjunta resolución de la Comisión de posgrado de sesión ordinaria de fecha 14/08/2025.

Pase a consideración de Comisión Directiva.

Firmado electrónicamente por Suny Soraya Zeballos Perez el 15/08/2025 12:17:41.
---

<b>Nombre Anexo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Fecha</b>
Resolución.pdf	358 KB	15/08/2025 12:16:44



Instituto Superior de Educación Física  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Departamento de Secretaría  
Secretaría de Comisiones

Comisión Asesora: DE POSGRADO

Expediente N° 008421-000026-25

Fecha 14/08/2025

Asunto: EL MAESTRANDO BRUNO ESCAJAL C.I. 4.638.332 - 3, SOLICITA AVAL PARA TRIBUNAL DE TESIS

Acuerdo de la comisión:

La comisión de posgrado de ISEF aprueba la solicitud del tutor del maestrando Bruno Escajal, Dr. Carlos Magallanes de integración de tribunal para la defensa de su tesis "Respuestas fisiológicas y percepción de esfuerzo de tres protocolos de entrenamiento intervalado en corredores de fondo"

Tribunal integrado por:

1. Dr. Gustavo Grinspan – Facultad de Ciencias (UdelaR). Mail:ggrinspan@fcien.edu.uy, Cel.099055150)
2. Dr. Cristian Cofre – Universidad de Santiago (Chile). Mail: cristian.cofre@usach.cl (+56959021777)
3. Dr. Med. Gastón Gioscia. Mail: gioscia@gmail.com (099599920)

Presidente del tribunal:  
Dr. Gustavo Grinspan

Integrantes presentes:

<input type="checkbox"/> Dirección:	<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> FS
<input type="checkbox"/> Orden Docente:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Orden de Egresados:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Orden Estudiantil:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="checkbox"/> Funcionarios TAS:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Observaciones

Presentes: Andrés Gonzalez, Karen Kuhlsen, Jorge Rettich, Liber Benitez  
Representación maestrandos: Paula Eastman  
Asistencia técnica: Martin Chavarria

Actua en la secretaría de la comisión: Suny



www.isef.edu.uy

MONTEVIDEO  
2480 0102 - 2486 1866  
Parque Battlle s/n  
comunicacion@isef.edu.uy

PAYSANDÚ CUP  
4722 0221 - 4723 8342  
Florida 1051  
comunicacion@cup.edu.uy  
www.cup.edu.uy

MALDONADO CURE  
4223 6595 (int.110)  
Calle Burnett casi M. Chiossi  
(Tribuna Este del Campus Municipal)  
secretaria@curemaldonado.edu.uy  
www.cure.edu.uy

	<b>Expediente Nro. 008421-000026-25</b> <b>Actuación 3</b>	Oficina: SECCIÓN SECRETARÍA A COMISIÓN DIRECTIVA - CENTRO MONTEVIDEO - ISEF Fecha Recibido: 15/08/2025 Estado: Para Actuar
--	---	---

**TEXTO**