

## Costa Rica sin Fronteras

**PENSAR EN MOVIMIENTO:**

***Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud***

ISSN 1659-4436

Vol. 20, No.2, pp. 1- 9

Abre 1° de julio, cierra 31 de diciembre, 2022



### **COSTA RICA SIN FRONTERAS # 26**

En esta sección se publican los resúmenes en español de artículos que han sido publicados por investigadoras/es de universidades costarricenses en otras revistas en el mundo, con su debida referencia al trabajo original, y con una breve explicación de dónde se realizó la investigación. Los artículos originales han sido publicados en otros idiomas; las revistas tienen consejo editorial y manejan un proceso de revisión por pares.

Los resúmenes corresponden a estudios relacionados con las ciencias del ejercicio y la salud, que se conforman a los criterios generales de la revista, esto es, se trata de "... estudios experimentales o que hagan recomendaciones concretas para solucionar problemas o preguntas relevantes (...) trabajos originales o de meta-análisis." Solicitamos a quienes hayan publicado este tipo de trabajos en otros idiomas que no los hagan saber, para incluir sus resúmenes en futuras entregas de esta sección.

Luis Fernando Aragón V., Ph.D., FACSM  
Director, PENSAR EN MOVIMIENTO



## EFICACIA DE LA INGESTA DE NITRATOS EN LA RECUPERACIÓN DE LA FATIGA RELACIONADA CON EL EJERCICIO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Gamonales, J.M., Rojas-Valverde, D., Muñoz-Jiménez, J., Serrano-Moreno, W., Ibáñez, S.J. (2022). Effectiveness of nitrate intake on recovery from exercise-related fatigue: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19),12021. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912021>

**Antecedentes:** La recuperación entre esfuerzos es fundamental para lograr un rendimiento físico y deportivo óptimo. En este sentido, se utilizan ampliamente muchos suplementos nutricionales que han demostrado mejorar la recuperación y el rendimiento físico y fisiológico. Los suplementos como los nitratos (NO<sub>3</sub>-), incluidos los alimentos orgánicos como la remolacha, favorecen la recuperación muscular y alivian la fatiga. Este estudio tuvo como objetivo resumir exhaustivamente la literatura disponible sobre el efecto del consumo de NO<sub>3</sub> sobre la fatiga relacionada con el ejercicio y el daño muscular. **Métodos:** Se realizó una búsqueda sistemática basada en la guía PRISMA utilizando bases de datos electrónicas (por ejemplo, PubMed, Scopus y Web of Science). De un total de 1634 estudios identificados, 15 estudios se incluyeron en esta revisión. **Resultados:** según la revisión, la ingesta de NO<sub>3</sub> provoca respuestas fisiológicas y metabólicas que podrían impulsar la recuperación relacionada con el ejercicio. NO<sub>3</sub>- podría mejorar los indicadores de recuperación relacionados con la fuerza, el dolor, la inflamación y el daño muscular. **Conclusiones:** A pesar de la efectividad relativa comprobada del NO<sub>3</sub>- en la recuperación después de esfuerzos aeróbicos y anaeróbicos, con base en la heterogeneidad de los procedimientos (p. ej., dosis, consumo crónico versus agudo, características de los participantes, variables y resultados), podría ser prematuro el sugerir su uso extendido en los deportes.

**Palabras clave:** anaeróbico; raíz de remolacha; actuación; suplemento; capacitación.

La revista *International Journal of Environmental Research and Public Health* tiene un factor de impacto de 4.6 (JCR). Este estudio significa la segunda revisión sistemática relacionada a la temática de la utilización de los nitratos derivados de la remolacha y la espinaca como método para la mejora del rendimiento deportivo y la recuperación. La primera revisión exploraba la potencialidad de los nitratos para mejorar el desempeño en sprints repetidos; en esta nueva entrega se explora su potencial en la recuperación. Esta publicación se realizó en colaboración con colegas de la Universidad de Extremadura en España y la Universidad de Colima, México. Los nitratos han demostrado una gran capacidad de provocar una cascada fisiológica que colabora a mejorar el optimizar el funcionamiento cardiovascular que provee de condiciones necesarias para impulsar la recuperación.



**Colaborador: Daniel Rojas-Valverde.** Núcleo de Estudios para el Alto Rendimiento y la Salud (NARS-CIDISAD), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

---

## EXPOSICIÓN A PESTICIDAS Y ACTIVACIÓN CEREBRAL CORTICAL ENTRE TRABAJADORES AGRÍCOLAS EN COSTA RICA

Mora, A.M., Baker, J.M., Hyland, C., Rodríguez-Zamora, M.G., Rojas-Valverde, D., Winkler, M.S., Staudacher, P., Palzes, V.A., Gutiérrez-Vargas, R., Lindh, C., Reiss, A.L., Eskenazi, B., Fuhrmann, S., Sagiv, S.K. (2022). Pesticide exposure and cortical brain activation among farmworkers in Costa Rica. *Neurotoxicology*, 10(93), 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.10.004>.

---

**Antecedentes:** Estudios epidemiológicos previos han informado asociaciones de exposición a pesticidas con función cognitiva deficiente y problemas de comportamiento. Sin embargo, estos hallazgos se han basado principalmente en evaluaciones neuropsicológicas. Quedan preguntas sobre los efectos neurobiológicos de la exposición a pesticidas, específicamente en qué parte del cerebro los pesticidas ejercen sus efectos y si los mecanismos compensatorios en el cerebro pueden haber enmascarado las asociaciones relacionadas con los pesticidas en estudios que se basaron puramente en medidas neuropsicológicas. **Métodos:** Se realizó un estudio de neuroimagen funcional en 48 trabajadores agrícolas del condado de Zarceros, Costa Rica, en 2016. Medimos concentraciones de 13 metabolitos de insecticidas, fungicidas o herbicidas o compuestos originales en muestras de orina recolectadas durante dos visitas de estudio (aproximadamente 3-5 semanas). aparte). Se evaluó la activación cerebral cortical en la corteza prefrontal durante tareas de memoria de trabajo, atención y flexibilidad cognitiva mediante espectroscopía funcional de infrarrojo cercano (fNIRS). Estimamos asociaciones de exposición a pesticidas con activación cerebral cortical utilizando modelos de regresión lineal multivariable ajustados por edad y nivel educativo. **Resultados:** Encontramos que concentraciones más altas de metabolitos de insecticidas se asociaron con una activación reducida en la corteza prefrontal durante una tarea de memoria de trabajo. Por ejemplo, el 3,5,6-tricloro-2-piridinol (TCPy; un metabolito del organofosforado clorpirifos) se asoció con una activación reducida en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda ( $\beta = -2,3$ ; IC del 95 %: -3,9, -0,7 por aumento del doble en TCPy). De manera similar, el ácido 3-fenoxibenzoico (3-PBA; un metabolito de los insecticidas piretroides) se asoció con una activación reducida bilateral en las cortezas prefrontales dorsolaterales ( $\beta = -3,1$ ; IC del 95 %: -5,0, -1,2 y -2,3; IC del 95 % : -4,5, -0,2 por aumento del doble en 3-PBA para las cortezas izquierda y derecha, respectivamente). Estas asociaciones fueron similares, aunque más débiles, para las tareas de atención y flexibilidad cognitiva. Observamos asociaciones nulas de



concentraciones de biomarcadores de fungicidas y herbicidas con activación cerebral cortical durante las tres tareas que se administraron. **Conclusión:** Los hallazgos sugieren que los insecticidas organofosforados y piretroides pueden afectar la activación cerebral cortical en la corteza prefrontal, dinámica neuronal que podría ser la base de las asociaciones previamente informadas con la función cognitiva y conductual. Además, nuestro estudio demuestra la viabilidad y utilidad de fNIRS en estudios de campo epidemiológicos.

**Palabras clave:** Costa Rica; FNIRS; agricultores; neuroimagen funcional; Insecticidas.

La revista Neurotoxicology tiene un factor de impacto de 4.4 (JCR). Este estudio significa el segundo resultado científico de una colaboración con universidades de gran reconocimiento a nivel internacional tales como University of California (Estados Unidos de América), Stanford University (Estados Unidos de América), Boise State University (Estados Unidos de América), Lund University (Suiza), el Swiss Tropical and Public Health Institute (Suiza) y universidades nacionales como el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Este estudio pretende exponer cómo se afecta la función cognitiva de trabajadores de fincas orgánicas y convencionales debido a la exposición de plaguicidas. Esta es una problemática ampliamente sabida en el área ocupacional en nuestro país. La preocupación va en aumento y evidencia cómo esta sirve de base para tomar acciones en la política pública. **Colaborador:** Daniel Rojas-Valverde. Núcleo de Estudios para el Alto Rendimiento y la Salud (NARS-CIDISAD), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

## FUNCIÓN RENAL EN TRABAJADORES ARROCEROS EXPUESTOS AL CALOR Y DESHIDRATACIÓN EN COSTA RICA

Crowe, J., Rojas-Valverde, D., Rojas-Garbanzo, M., Gutiérrez-Vargas, R., Ugalde-Ramírez, J.A., Ledezma-Rojas, J.P., Cabrera-Alpizar, W., Salazar-Salazar, M., Mauricio-La Torre, R., Valera-Amador, L., van Wendel de Joode, B. (2022). Kidney Function in Rice Workers Exposed to Heat and Dehydration in Costa Rica. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(9), 4962. <https://doi.org/10.3390/ijerph19094962>

El objetivo de este estudio fue evaluar la exposición al calor, la deshidratación y la función renal en trabajadores arroceros durante tres meses en Guanacaste, Costa Rica. Se recolectaron datos biológicos y de cuestionarios durante un período de tres meses en trabajadores de campo masculinos (n = 27) y otros (n = 45) de una empresa arrocera donde la enfermedad renal crónica de origen desconocido (ERCd) es endémica. Utilizamos la regresión progresiva por pasos para determinar las variables asociadas con la tasa de filtración glomerular estimada eGFR en el momento de la inscripción y/o el cambio en la



eGFR, y la regresión de Poisson para evaluar las asociaciones con la lesión renal incidente (IKI) en el transcurso de tres meses. Los participantes tenían entre 20 y 62 años (mediana = 40 en ambos grupos). La deshidratación fue común ( $\geq 37\%$ ) en ambos grupos, particularmente entre otros trabajadores en el momento de la inscripción, pero los trabajadores de campo estaban más expuestos al calor y tenían cargas de trabajo más altas. La TFGe baja ( $< 60$  ml/min/1,73 m<sup>2</sup>) fue más frecuente en los trabajadores de campo en el momento de la inscripción (19 % frente a 4 %) y durante el seguimiento (26 % frente a 7 %). Los trabajadores de campo experimentaron lesiones renales incidentes (IKI) con más frecuencia que otros trabajadores: 26% versus 2%, respectivamente. Edad ( $\beta = -0,71$ , IC 95 %:  $-1,1, -0,4$ ), puesto actual como trabajador de campo ( $\beta = -2,75$ , IC 95 %:  $-6,49, 0,99$ ) y trabajo anterior en la construcción ( $\beta = 3,8$ , 95 %IC:  $-0,1, 7,6$ ) se incluyeron en el modelo de regresión multivariable para explicar la eGFR en el momento de la inscripción. El modelo de regresión multivariable para la disminución de la TFGe durante tres meses incluyó al trabajador de campo actual ( $\beta = -3,9$ , IC del 95 %:  $-8,2, 0,4$ ), tabaquismo actual ( $\beta = -6,2$ , IC del 95 %:  $-13,7-1,3$ ), deshidratación (USG  $\geq 1,025$ ) en ambas visitas ( $\beta = -3,19$ , IC 95%:  $-7,6, 1,2$ ) y analgésicos en el seguimiento ( $\beta = -3,2$ , IC 95%:  $-8,2, 1,95$ ). El trabajo de campo actual [IR (tasa de incidencia) = 2,2, IC 95% 1,1, 5,8) y ser diabético (IR = 1,8, IC 95% 0,9, 3,6) se asociaron con IKI. La TFGe baja era común en los trabajadores de campo de una empresa arrocera en Guanacaste, y ser trabajador de campo era un factor de riesgo de IKI, lo que concuerda con la hipótesis de que la exposición al calor ocupacional es un factor de riesgo crítico para la ERCd en Mesoamérica.

**Palabras clave:** trabajadores agrícolas; enfermedad renal crónica; hidratación; ocupacional; exposición al calor

La revista International Journal of Environmental Research and Public Health tiene un factor de impacto de 4.6 (JCR). Este estudio significa el segundo resultado de una colaboración con el Instituto Regional de Estudios Toxicológicos en la cual como profesionales en ciencias del Movimiento humano, apoyamos en la cuantificación de niveles de hidratación de trabajadores de una empresa de arroz costarricense. Estas variables se monitorearon debido a su relación y potencial vínculo con la enfermedad renal debido a la exposición al calor. Esta condición se ha investigado en trabajadores cortadores de caña, pero con cada vez más frecuencia se evidencia su incidencia en otras ocupaciones expuestas a altas cargas físicas, calor y deshidratación. Debido al cambio climático, es cada vez más preocupante esta incidencia. En este sentido se ha finalizado una fase adicional con otras labores como empresas de construcción, mantenimiento de vías, entre otras ocupaciones. Con esta evidencia se pretende tener la base científica para concientizar al respecto e impactar política pública. **Colaborador:** Daniel Rojas-Valverde. Núcleo de Estudios para el Alto Rendimiento y la Salud (NARS-CIDISAD), Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida (CIEMHCAVI), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.



## ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL CICLO DE NADO ONDULATORIO SUBACUÁTICO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA Y SINTÉTICA

Veiga, S., Lorenzo, J., Trinidad, A., Pla, R., Fallas-Campos, A., de la Rubia, A. (2022). Kinematic Analysis of the Underwater Undulatory Swimming Cycle: A Systematic and Synthetic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 12196. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912196>

El aumento de la tecnología de bajo costo para la filmación subacuática ha hecho que el análisis cuantitativo sea un recurso asequible para los entrenadores de natación con frecuencia. En este contexto, parece faltar una síntesis de los determinantes cinemáticos de la natación ondulatoria subacuática (UUS). El objetivo del presente estudio fue sintetizar la evidencia científica sobre las características cinemáticas de los nadadores competitivos durante la UUS y los principales determinantes cinemáticos del rendimiento de la UUS, así como resumir las principales consideraciones metodológicas para el análisis cinemático de la UUS. Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática a través de cuatro bases de datos electrónicas siguiendo las guías PRISMA y STROBE para evaluar la calidad de los estudios incluidos. Finalmente, se consideraron veintitrés estudios de investigación de la primera búsqueda y dos de la segunda búsqueda. En total, se analizaron 412 nadadores competitivos (321 hombres y 91 mujeres) con un estándar de desempeño de nivel internacional B (11%), nacional (51%) o regional (35%). La mayoría de los estudios se centraron en un análisis bidimensional del UUS ventral realizado desde un inicio de empuje y filmado a 6-12 m de la pared de inicio. El análisis cinemático de UUS incluyó parámetros de patadas (longitud, frecuencia y amplitud de patadas), así como cinemática segmentaria seleccionada en el 76 % de los estudios y el análisis de los determinantes del rendimiento de UUS en el 36 %. La información sobre los determinantes del rendimiento de UUS fue inconsistente debido en parte a las inconsistencias en la definición de los parámetros cinemáticos. Se deben realizar más estudios de investigación donde se apliquen sistemas automáticos de captura de movimiento para el análisis de UUS en las condiciones antes mencionadas.

**Palabras clave:** desempeño; filmación submarina; inicio de natación; giro de natación; cinemática segmentaria; cinemática angular; patada de delfín; competencia.

Este artículo científico es el resultado final de una colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Superior de Educación Física. Fue publicado en la revista indexada en el Journal Citation Reports con factor de impacto de 4.6. Adicionalmente, este artículo científico tiene como objetivo explorar y sistematizar la información relacionada al nado ondulatorio subacuático. Esta técnica ha despertado particular interés recientemente como una de las fases críticas en la optimización del rendimiento de la natación.

**Colaboradora:** Andrea Fallas Campos, Núcleo de Estudios para el Alto Rendimiento y la



Salud y encargada formadora del proyecto ACUAUNA de la Escuela Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida, Universidad Nacional, Costa Rica.

## LA AUTOFAGIA NO SE ENCUENTRA INVOLUCRADA EN LA ACUMULACIÓN DE LÍPIDOS NI EN EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA INSULINA EN MÚSCULO ESQUELÉTICO

Morales-Scholz, M. G., Swinton, C., Murphy, R. M., Kowalski, G. M., Bruce, C. R., Howlett, K. F., & Shaw, C. S. (2021). Autophagy is not involved in lipid accumulation and the development of insulin resistance in skeletal muscle. *Biochemical and biophysical research communications*, 534, 533–539. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.11.048>

**Objetivo:** Investigar el efecto de la resistencia a la insulina inducida por una dieta alta en grasas sobre los marcadores de autofagia en hígado y músculo esquelético de ratones en estado de ayuno y posterior a un bolo oral de glucosa. **Métodos:** Cuarenta ratones C57BL/6J machos fueron alimentados con una dieta alta en grasa y fructosa (HFSD, n=20) o con alimento estándar control (CON, n=20) por 16 semanas. Posterior a este período se les suministró por sonda oral agua o glucosa y 15 minutos luego se eutanasiaron y se les extrajo el tejido hepático y musculoesquelético. En estos tejidos se determinó la abundancia proteica y la expresión génica de marcadores de autofagia, así como la activación de vías de señalización relacionadas con el proceso. **Resultados:** La intervención HFSD mostró un aumento en la abundancia proteica de LC3B-II y p62/SQSTM1 en el hígado en comparación con el grupo CON. Lo anterior indica una elevación del contenido de autofagosomas producto de una reducción en el aclaramiento lisosomal de los mismos. Dichos cambios coincidieron con una inhibición en la señalización de autofagia expresada por un aumento en p-mTOR<sup>S2448</sup> y p-ULK<sup>S578</sup>. La intervención HFSD no alteró los marcadores de autofagia en el músculo esquelético. Además, la administración del bolo de glucosa no tuvo efecto, independientemente de la intervención dietética, sobre los marcadores de autofagia o en las respuestas de señalización en ninguno de los dos tejidos. **Conclusiones:** La intervención HFSD induce a disrupciones específicas de tejido. En el hígado la acumulación de autofagosomas indica una disminución en su aclaramiento lisosomal mientras que, en músculo esquelético la ausencia de alteraciones en los marcadores de autofagia revela que la autofagia no se encuentra involucrada en el desarrollo de la resistencia a la insulina en este tejido.

La investigación se llevó a cabo en la Universidad de Deakin, Australia, gracias a lo colaboración entre dos grupos de investigación que se centran en explorar y caracterizar el metabolismo muscular, así como los mecanismos moleculares implicados en la homeostasis de la glucosa, tanto en condiciones de salud como de enfermedad. **Colaboradora:** Gabriela Morales Scholz, Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica.



Factor de impacto de la revista BBRC: 3.575

## RESPUESTAS AUTOFÁGICAS ESPECÍFICAS AL TIPO DE FIBRA MUSCULAR LUEGO DE UN AYUNO NOCTURNO E INGESTA DE UNA COMIDA MIXTA EN MÚSCULO ESQUELÉTICO HUMANO

Morales-Scholz, M. G., Wette, S. G., Stokie, J. R., Tepper, B. T., Swinton, C., Hamilton, D. L., Dwyer, K. M., Murphy, R. M., Howlett, K. F., & Shaw, C. S. (2022). Muscle fiber type-specific autophagy responses following an overnight fast and mixed meal ingestion in human skeletal muscle. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 323(3), E242–E253. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00015.2022>

El objetivo del presente estudio fue investigar la abundancia de proteínas relacionadas con la autofagia por tipo de fibra en músculo esquelético en dos condiciones; a) luego de un ayuno nocturno y b) posterior a la ingesta de una comida con composición mixta en macronutrientes. Doce voluntarios masculinos, jóvenes y sanos se sometieron a una prueba de tolerancia oral a la comida de 3 horas de duración, posterior a un ayuno nocturno. Se recolectaron muestras de sangre en ayunas y a lo largo de 180 minutos post-ingesta. Además, se realizaron biopsias musculares en estado de ayuno, a los 30 y a los 90 minutos post-ingesta. Se determinó el contenido proteico de marcadores de autofagia claves, así como de respuestas de vías de señalización en músculo completo y fibras musculares agrupadas por tipo utilizando inmunotransferencia. En el estado de ayuno, las fibras musculares tipo I mostraron menor contenido de LC3B-I, pero mayor abundancia de LC3B-II y una relación LC3B-II/LC3B-I mayor en comparación con las fibras musculares tipo II ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, no se observaron diferencias en la abundancia de p62/SQSTM1, ULK, ATG5 o ATG12 entre los tipos de fibras musculares ( $P > 0.05$ ). Comparado con el estado de ayuno, se observó una reducción en la abundancia de LC3B-II posterior a la ingesta de la comida ( $P < 0.05$ ), lo que indica menos contenido de autofagosomas, independientemente del tipo de fibra muscular. Esta reducción en el contenido de autofagosomas ocurrió con un aumento concomitante en p-Akt<sup>S473</sup> y p-mTOR<sup>S2448</sup> en ambos tipos de fibras musculares ( $P < 0.05$ ). En el músculo esquelético humano en estado de ayuno, las fibras musculares tipo I poseen mayor contenido de autofagosomas que las fibras tipo II, a pesar de poseer una cantidad comparable de proteínas de señalización claves. La autofagia es rápidamente inhibida en ambos tipos de fibras musculares luego de la ingesta de una comida mixta.

La investigación se llevó a cabo en la Universidad de Deakin, Australia, gracias a la colaboración entre dos grupos de investigación que se centran en explorar y caracterizar el metabolismo muscular, así como los mecanismos moleculares implicados en la homeostasis de la glucosa, tanto en condiciones de salud como de enfermedad.  
**Colaboradora:** Gabriela Morales Scholz, Centro de Investigación en Ciencias del





Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica. Factor de impacto de la revista AJP Endo:  
4.31.

