



## Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel

Por: Dasiel Castellanos Pérez<sup>1</sup>, Yesabell Pacheco Cruz<sup>1</sup>, Dariel Castellanos Pérez<sup>2</sup>  
[castellanosdasiel@gmail.com](mailto:castellanosdasiel@gmail.com)

<sup>1</sup> UEB LIORAD<sup>+</sup> Laboratorios Farmacéuticos AICA<sup>+</sup>, La Habana, Cuba

<sup>2</sup> Hospital Celestino Hernández Robau, Villa Clara, Cuba.

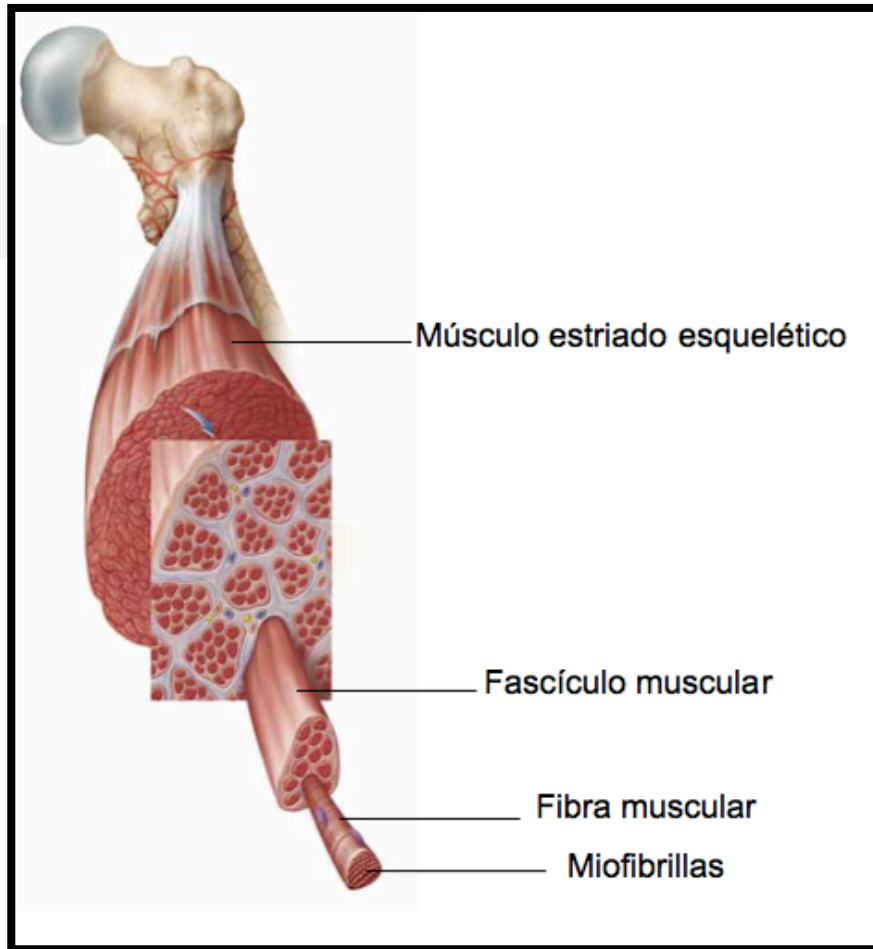
Imagina un león tras su presa, los movimientos de las gacelas para escapar de su depredador o a ti mismo cuanto te levantas en medio de la noche para buscar algo de comida. ¿Recuerdas a tu perro llevándose tus sandalias por toda la casa? Y es que el movimiento animal es una de las maravillas más extraordinarias de la naturaleza, pues permite el traslado tanto para la búsqueda de fuentes de alimentación como para escapar de algún peligro inminente. De igual manera algunas aves, tortugas marinas y peces como el salmón migran a diferentes áreas geográficas para reproducirse, lo cual sería imposible sin el desarrollo de la locomoción (traslado de un lugar a otro).

El movimiento animal tiene lugar gracias a la actividad de fascinantes motores basados en proteínas que se encuentran en el tejido muscular. Estos grandes agregados de proteínas experimentan cambios en su conformación y generan tracción en el músculo, capaz de originar trabajo mecánico, el cual se traduce en movimiento. Además, estos motores moleculares también participan en procesos donde la fuerza que se genera no es tan significativa como en el propio movimiento animal, como es el caso de la tracción que separa los cromosomas (sitio donde está contenida la información genética) durante el proceso de división celular (1).

Pero, ¿Cómo se genera y coordina este movimiento? Para dar respuesta a esta interrogante primeramente debemos analizar la anatomía del tejido muscular (el músculo esquelético). El músculo esquelético está compuesto por miles de células musculares con características muy peculiares, que se organizan jerárquicamente, de modo que le brindan soporte y movilidad al organismo. Estas células se denominan fibras musculares y se disponen de manera paralela en toda la longitud del músculo, presentan múltiples núcleos, lo cual refleja su origen a partir de la fusión de varias células iniciales o embrionarias y muestran una longitud a veces similar a la del propio músculo. Una fibra muscular (célula del músculo esquelético) es análoga a un cable eléctrico con un diámetro aproximado 2  $\mu\text{m}$  (0.0002 cm), que contiene en su interior múltiples fibrillas, denominadas miofibrillas, donde se sitúan los ya mencionados motores moleculares (2). (Figura 1).



## Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel

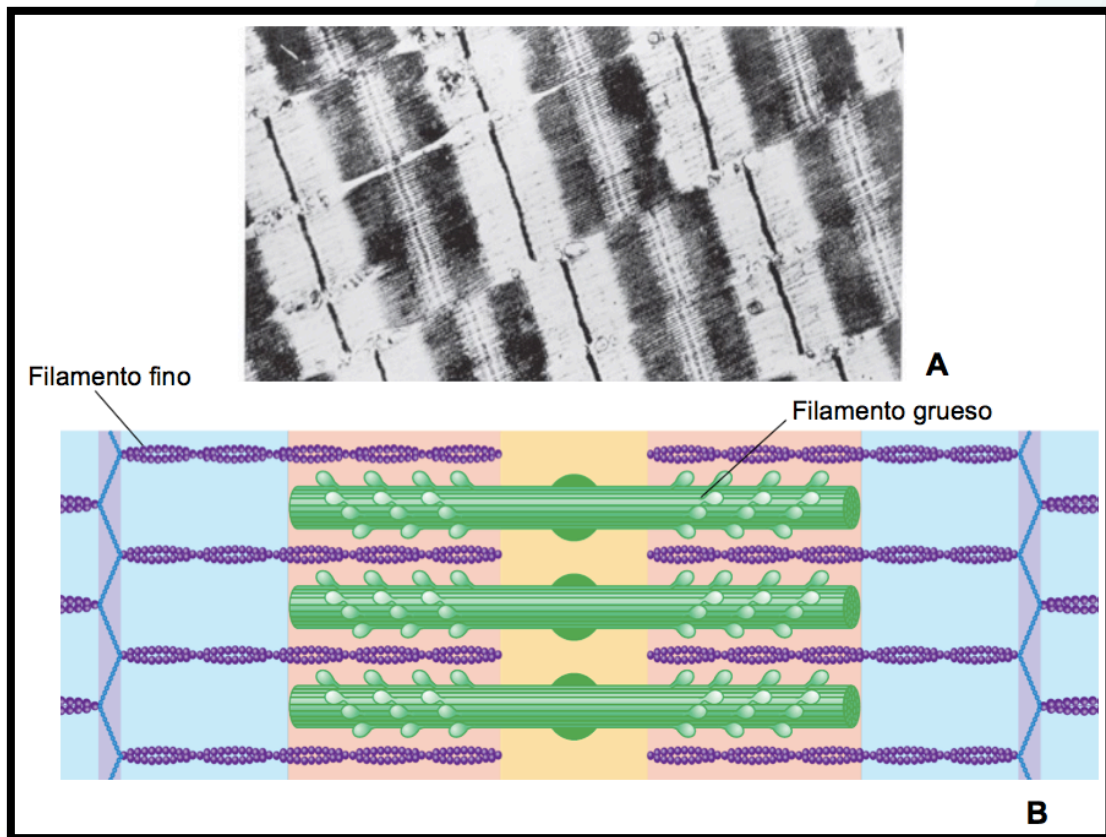


**Figura 1.** Anatomía del músculo esquelético humano. El músculo esquelético presenta una organización jerárquica, de manera que un músculo está constituido por múltiples fascículos musculares y estos a su vez están formados por numerosas fibras musculares que contienen a las miofibrillas. *Tomado de:* Saladin KS. Anatomía y fisiología: La unidad entre forma y función 6ta ed. México D.F: McGraw-Hill; 2013.

Las principales proteínas implicadas en la contracción del músculo esquelético son la miosina y la actina, las cuales se disponen en forma de filamentos que interaccionan y se deslizan entre sí. Por ejemplo, las moléculas de miosina forman los filamentos gruesos, con protuberancias que son las denominadas cabezas globulares de la miosina. Alrededor de estos filamentos gruesos se disponen los filamentos finos de actina, formados por múltiples unidades de la molécula actina (3). La disposición de los filamentos gruesos de miosina y finos de la actina le brindan al músculo esquelético un aspecto estriado cuando se observa bajo el microscopio electrónico, como se ilustra en la Figura 2A.

## Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel

Tal distribución permite que cada cabeza de miosina pueda interactuar con las diferentes unidades de actina que conforman el filamento fino (Figura 2B), dependiendo de diferentes factores en su ambiente, como lo son: 1-la disponibilidad de energía en forma de la moneda energética conocida como ATP (Adenosín trifosfato), que suministra energía en las reacciones químicas del organismo, y 2-de señales enviadas desde el Sistema Nervioso Central: encéfalo y médula espinal. Por lo que, estos órganos constituyen el sitio encargado de procesar toda la información procedente de los receptores especializados del organismo y de generar las respuestas que serán ejecutadas por los músculos.



**Figura 2. Las estriaciones de los músculos esqueléticos se producen por la disposición peculiar de los filamentos finos y gruesos. A) Microfotografía tomada con un microscopio electrónico del músculo esquelético. B) Disposición de los filamentos gruesos (verdes) y finos (violeta) en la unidad funcional del músculo que se denomina sarcómero. Nótese la posición de las cabezas de miosina con respecto a los filamentos finos. Tomado de: Stuart IF. Fisiología Humana. 12va ed: The McGraw-Hill Companies; 2011.**

**Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel**

Este proceso, que pudiera resultar de difícil comprensión, puede ser entendido muy fácilmente tomando como referencia el funcionamiento en una empresa, donde la secretaria, quien estaría representando a los receptores celulares del organismo, es quien recibe todas las sugerencias e inquietudes de los clientes que se acercan a dicha institución. A su vez, esta información es transmitida a través de llamadas y correos electrónicos a las máximas autoridades de la entidad para ser analizada y procesada.

Estas vías de transmisión de la información estarían representando a los llamados “potenciales de acción”, que no son más que información codificada en la diferente magnitud, intensidad y frecuencia de un pulso eléctrico transmitido a través de redes neuronales. Una vez que el consejo de dirección de la entidad brinda una solución, esta información es comunicada a los principales efectores, que le dan solución al problema planteado.

Dichos efectores ejecutan una acción para solventar la necesidad inicial y se genera una retroalimentación a la máxima dirección de la empresa de que el problema fue resuelto. Cuando el Sistema Nervioso Central ordena la contracción de un músculo específico, una señal eléctrica en forma de potencial de acción es enviada hacia el sitio denominado placa motora, que no es más que el lugar donde interactúa la última neurona de la red nerviosa (neurona motora) con la fibra muscular (4). Este sitio podría ser recreado como dos ciudades amuralladas, donde ambas tienen una compuerta y para entrar de una a la otra se necesita una llave.

Esta llave sería la molécula denominada acetilcolina que provoca la apertura de determinadas compuertas moleculares que originan un flujo de iones y con ello una corriente eléctrica en la propia célula muscular que finalmente desencadena la liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  en el interior de la fibra muscular. Este ion es el responsable de gatillar la interacción entre las cabezas de miosina y la actina, al desplazar determinadas proteínas que impiden su contacto. Por su parte, la molécula de ATP es indispensable en este proceso al promover el cambio conformacional de la cabeza de miosina que funciona como palanca sobre el filamento de actina, desplazándolo y permitiendo el acortamiento de la miofibrilla. Un nuevo ciclo de acortamiento se inicia cuando se une una nueva molécula de ATP a la cabeza de miosina, lo que constituye el centro de toda esta reacción bioenergética (5).

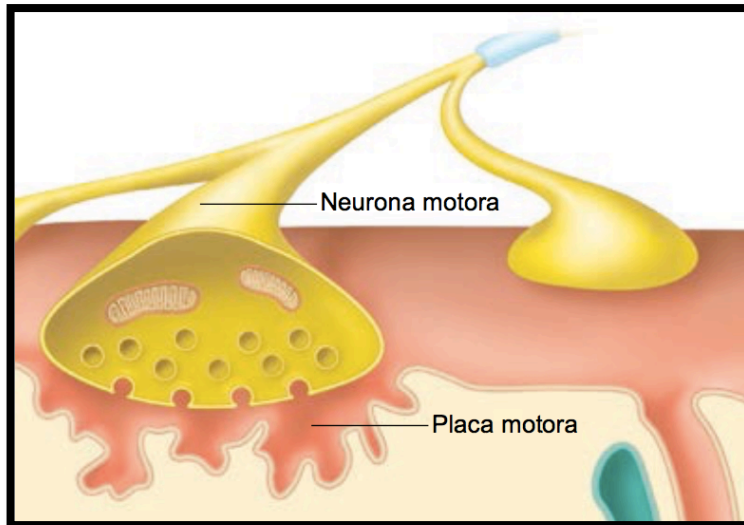
**Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel**

La importancia del suministro de energía en el mecanismo de contracción se ilustra en el fenómeno denominado *rigor mortis*, que se produce aproximadamente entre las 3 y 36 horas de haber muerto una persona, como consecuencia de la carencia de la moneda energética (ATP) cuando el músculo muere. Sin el ATP permanecen unidas la actina y la miosina y no se libera esta unión hasta que dichas moléculas comienzan a descomponerse en el cadáver (4).

Hasta la fecha, han sido descritas múltiples enfermedades que originan parálisis muscular producto de la afectación del mecanismo de estimulación de la fibra muscular en la placa motora (Fig. 3). Un ejemplo de ellas es la esclerosis lateral amiotrófica, donde se degeneran las neuronas motoras en la médula espinal y con ello las fibras musculares con las que interaccionan, siendo una enfermedad progresiva y habitualmente mortal.

Por otra parte, la miastenia gravis es una patología autoinmune donde el propio sistema inmunológico genera anticuerpos que atacan a los principales receptores de acetilcolina presentes en las fibras del músculo esquelético, disminuyendo por tanto la transmisión de la activación que proviene del Sistema Nervioso Central y las fibras musculares pierden eficacia (6). También es sabido que el botulismo, es consecuencia de la ingestión de alimentos mal conservados que contienen la toxina botulínica que es producida por la bacteria *Clostridium botulinum*, compuesto que genera una condición de parálisis muscular al bloquear la liberación de la molécula acetilcolina (la llave que abre la puerta de la ciudad amurallada) (7). Este mecanismo es empleado por las compañías farmacéuticas en los tratamientos estéticos con Botox para eliminar las líneas de arrugas faciales (5).

Como hemos visto, los motores moleculares son máquinas perfectamente engranadas que muestran un amplio abanico de funciones desde el transporte de complejos moleculares y vesículas a lo largo de los microtúbulos en la célula, semejante a como lo hace un vagón por los rieles del ferrocarril, hasta la contracción de los músculos de la mano del hombre para cargar un objeto pesado. Sin embargo, el fallo en cualquier pieza que compone este sistema puede resultar potencialmente mortal para el organismo que lo presente, de ahí la necesidad de comprender cómo funcionan estos motores moleculares para poder repararlos de manera oportuna y minimizar los daños. Estos motores moleculares existen mucho antes que Rudolf Diesel inventara el motor de combustión que lleva su nombre.

**Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel**

**Figura 3. Representación de la interacción de la última neurona de la red nerviosa con la placa motora.** La molécula de acetilcolina es liberada desde la neurona motora hacia la hendidura que la separa de la fibra muscular, lugar hacia donde difunde para interactuar con su receptor celular. *Tomado de:* Stuart IF. Fisiología Humana. 12va ed: The McGraw-Hill Companies; 2011.

**REFERENCIAS**

1. Curtis, H., Barnes, N. S., Schnek, A., & Massarini, A. Curtis. (2021). Biología. 8va ed: Editorial Panamericana.
2. Saladin, K. S. (2013). Anatomía y fisiología: La unidad entre forma y función. 6ta ed. México D.F: McGraw-Hill.
3. Sweeney, H. L. H. (2018). Muscle Contraction. Cold Spring Harb Perspect Biol. 10(2).
4. Stuart, I. F. (2011). Fisiología Humana. 12va ed: The McGraw-Hill Companies.
5. Lehninger, A.L., Nelson, D. L., Cuchillo Foix, C. M., & Cox, M. M.(2013). Principios de Bioquímica. Ed. Susan Winslow.
6. Hughes, B. W., Moro De Casillas, M. L., Fau – Kaminski, H. J., Kaminski, H. J. (2004). Pathophysiology of myasthenia gravis. Semin Neurol; 24(1):21-30.
7. Carrillo-Marquez, M. A.(2016). Botulism. Pediatr Rev;37(5):183-192.

**Cita este artículo como:** Castellanos, D.; Pacheco, Y., Castellanos, D. 2023. Los motores moleculares, máquinas que existían antes de la invención de Rudolf Diesel. *Revista Peruana de Divulgación Científica en Genética y Biología Molecular* [en línea]. Lima: Editorial IGBM, 2023(1): 41–46. ISSN: 2415–234X.

Disponible en: <http://igbmgenetica.com/revista-rdgbm/>